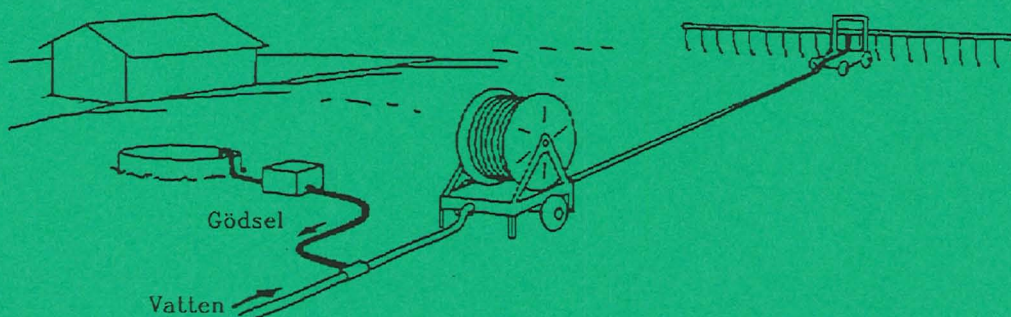




**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

SPRIDNING AV FLYTGÖDSEL MED BEVATTNINGS- MASKIN FÖRSEDD MED LÅGSPRIDNINGSRAMP

Peter Malm



Examensarbete

Handledare: Harry Linnér, Göran Carlsson, Huibert Oostra

**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 92:5
Communications**

Uppsala 1992

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--92/5--SE

Denna serie meddelanden utges av Avdelningen för lantbrukets hydroteknik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala. Serien innehåller sådana forsknings- och försöksredogörelser samt andra uppsatser som bedöms vara av i första hand internt intresse. Uppsatser lämpade för en mer allmän spridning publiceras bl a i avdelningens rapportserie. Tidigare nummer i meddelandeserien kan i mån av tillgång levereras från avdelningen.

This series of Communications is produced by the Division of Agricultural Hydrotechnics, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. The series consists of reports on research and field trials and of other articles considered to be of interest mainly within the department. Articles of more general interest are published in, for example, the department's Report series. Earlier issues in the Communications series can be obtained from the Division of Agricultural Hydrotechnics (subject to availability).

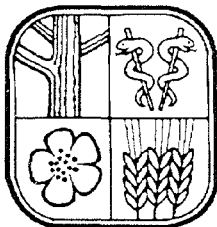
Distribution:

Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik
Box 7014
750 07 UPPSALA

Tel. 018-67 11 69, 67 11 81

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics
P.O. Box 7014
S-750 07 UPPSALA, SWEDEN

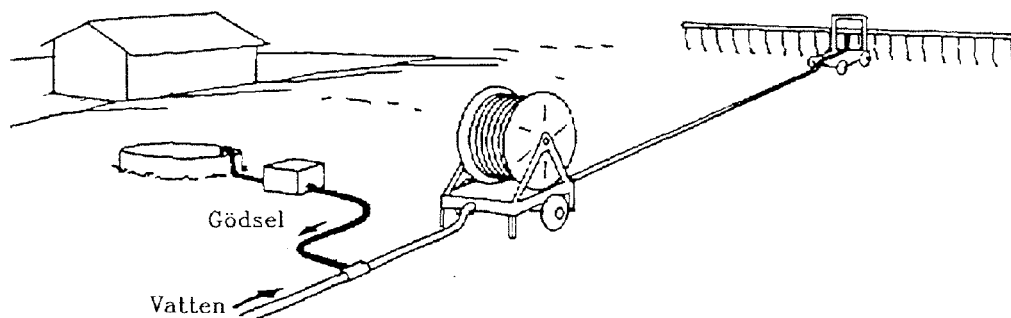
Tel. +46-(18) 67 11 69, +46-(18) 67 11 81



**SVERIGES
LANTBRUKSUNIVERSITET**

SPRIDNING AV FLYTGÖDSEL MED BEVATTNINGS- MASKIN FÖRSEDD MED LÅGSPRIDNINGSRAMP

Peter Malm



Examensarbete

Handledare: Harry Linnér, Göran Carlsson, Huibert Oostra

**Institutionen för markvetenskap
Avdelningen för lantbrukets hydroteknik**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Soil Sciences
Division of Agricultural Hydrotechnics**

**Avdelningsmeddelande 92:5
Communications**

Uppsala 1992

ISSN 0282-6569

ISRN SLU-HY-AVDM--92/5--SE

FÖRORD

Det här examensarbetet är utfört inom ett treårigt projekt avseende användande av bevattningsmaskin med lågspridningsramp vid spridning av flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet (JTI) och Avdelningen för lantbrukets hydroteknik på Sveriges Lantbruksuniversitet har hållit i försöket. Rosenqvists mekaniska verkstad har stått för den bevattningsmaskin som använts. Hydro-Supra har ställt upp med lågspridningsramp och Ultuna egendom har upplåtit försöksmark, inköpt försöksutrustning och hjälpt till vid utförandet av försöket.

Jag tackar institutionerna och företagen ovan för all hjälp, från att rätta krokiga hjulaxlar till att skriva ut denna skrift. Ett speciellt tack vill jag rikta till mina handledare Harry Linnér (Avdelningen för lantbrukets hydroteknik på Sveriges Lantbruksuniversitet) och Göran Carlsson och Huibert Oostra på JTI.

Uppsala i oktober 1992

Peter Malm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INLEDNING	7
LITTERATURÖVERSIKT	8
Växtnäringsförluster	8
Ammoniakavgång	8
Nitratutlakning	10
Denitrifikation	10
Växtnäringseffekter av flytgödsel	11
Utspädning av flytgödsel med vatten	11
Jordpackning	12
Körskador på växterna	14
Spridningsstrategi	15
Spridningsteknik för flytgödsel	17
Bevattningsmaskin	18
Injicering i vattenström	20
Mätmetoder för spridningsteknik	21
Sverige	21
Danmark	23
Norge	23
Tyskland	23
FÖRSÖKSGENOMFÖRANDE	24
Försöksutrustning	24
Spridningsjämnhet	26
Sidled	26
Längsled	27
Lutning	27
Tidsstudier	28
Flyttning fält till fält	28
Flyttning till nästa spridningsdrag	29
Spridning	30
Fältförsök	30
FÖRSÖKSRESULTAT	31
Försöksutrustning. Tekniska aspekter	31
Spridningsjämnhet	31
Sidled	31
Längsled	32
Lutning	32
Tidsstudier	35
Flyttning från fält till fält	35
Flyttning till nästa spridningsdrag	36
Spridning	36
Fältförsök	37

JÄMFÖRELSE MELLAN RAMSPRIDNING MED BEVATTNINGS-	
MASKIN OCH MED TANKVAGN	37
Ekonomi	37
Rampspridningens för- och nackdelar	39
Bevattningsmaskin försedd med ramp med släpslangar. För- och nackdelar	39
DISKUSSION	40
SAMMANFATTNING	42
SUMMARY	43
LITTERATURFÖRTECKNING	44

INLEDNING

Spridning av stallgödsel kan vara förknippat med en del problem. Utnyttjandet av kvävet är ofta dåligt, vilket leder till negativ påverkan på miljön genom kväveförluster till luft och grundvatten. Det bästa utnyttjandet av växtnäringen erhålls vid spridning av gödseln på våren. Då är utlakningsrisken minst och ammoniakavgången låg.

Dagens spridningsteknik för flytgödsel med tankvagnar medför jordpackningsproblem. Genom att använda bevattningsmaskiner vid spridningen skulle dessa problem minska. Vid bevattning används idag huvudsakligen storspridare. Dessa har emellertid för dålig spridningsjämnhet under blåsiga förhållanden för att kunna användas vid spridning av gödsel. De måste därför ersättas med en ramp med släpslangar liknande de som används på flytgödseltankvagnar idag. Spridning med bevattningsmaskin och ramp med släpslangar gör det möjligt att minska jordpackningen, ammoniakavgången, luktproblemen och brännskadorna. Det går dessutom att späda gödseln med vatten och minska ammoniakavgången ytterligare, och få en kombinationseffekt av gödsel och bevattning.

På Ultuna egendom har det under 1990-1991, i samarbete mellan Jordbrukstekniska institutet och Försöksavdelningen för hydroteknik, utförts försök med att sprida utspädd urin i växande gröda med bevattningsmaskin försedd med rampspridare med släpslangar.

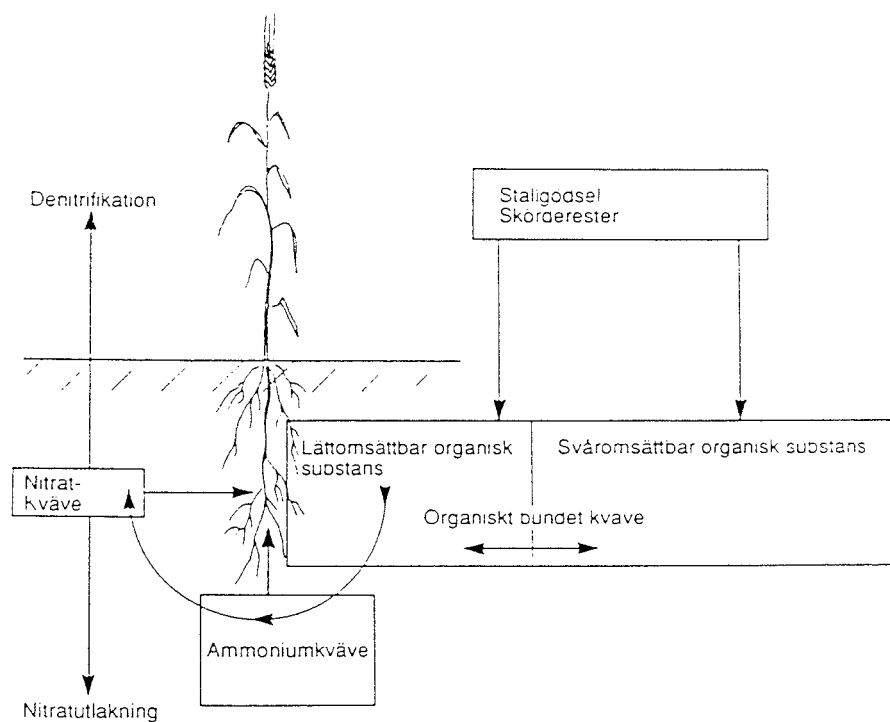
Målet har varit att ta fram ett spridningssystem som kombinerar bevattningsmaskinens fördelar med släpslangsrampspridarens fördelningsegenskaper. Systemet skall kunna användas i växande gröda eller i samband med vårbruket utan negativ jordpackning. Projektet syftar till att utvärdera de tekniska, ekonomiska och växtnäringsmässiga effekterna vid spridning av flytgödsel med denna teknik.

LITTERATURÖVERSIKT

Växtnäringsförluster

Vid spridning av flytgödsel sker alltid förluster av växtnäring. Av kalium och fosfor sker normalt inga större förluster. Fosforförluster kan dock förekomma som ytavrinning vid häftiga regn, och kalium kan utlakas på sandjordar vid kraftig vattenströmning genom profilen (Steineck m fl, 1991).

Förlusterna av kväve varierar däremot stort och uppkommer i form av ammoniakavgång, utlakning och denitrifikation. Ammoniakavgång förekommer vid spridning och efter spridning innan gödseln trängt ner i marken. Utlakning och denitrifikation är processer som sker nere i marken (figur 1).

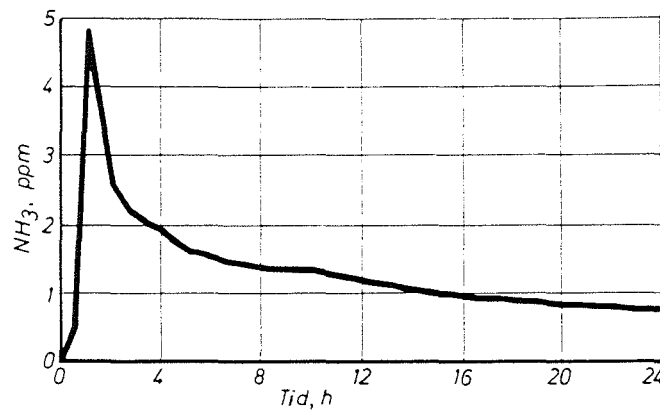


Figur 1. Kvävets former i marken, omsättning, upplagring och förluster (Claesson & Steineck, 1991).

Storleken på förlusterna beror på flera samverkande faktorer som gödselns ts-halt, temperatur i luft och mark, luftfuktighet, pH, ytspridd eller nedbrukad gödsel, vindhastighet samt markförhållandena (Rodhe & Salomon, 1992).

Ammoniakavgång

Växtnäringsförluster i samband med stallgödselns spridning sker nästan uteslutande i form av ammoniakavgång till luften. Ammoniakförlusterna under själva spridningsmomentet är ringa. Det är de första timmarna efter spridningen som är kritiska (figur 2) (Svensson, pers. medd., 1992).



Figur 2. Koncentrationen av ammoniak i luften efter flytgödselspridning. Spridningen genomfördes på stubbåker på hösten (Karlsson, 1991).

Viktiga faktorer som styr ammoniakavgångens hastighet och storlek är

- gödselns halt av ammoniumkväve och dess pH-värde,
- gödselns flytegenskaper och vattenhalt,
- vind, lufttemperatur, luftfuktighet och markytetemperatur,
- markegenskaper,
- spridningsteknik.

Vind, lufttemperatur och luftfuktighet har störst inflytande på ammoniakavgången genom att dessa faktorer framför allt avgör hur snabbt den utspridda gödseln torkar. Ammoniakinnehållet i gödseln står i jämvikt med den omgivande luftens ammoniakinnehåll. Då gödseln torkar ökar ammoniakkoncentrationen i gödseln samtidigt som pH-värdet ökar. Jämvikten med luftens ammoniak ändras och ammoniak avdunstar från gödseln. Markytans temperatur och fuktighet påverkar gödselns upptorkning och därmed ammoniakavgången. Om gödseln placeras under bladverket i god kontakt med marken kommer växttäckets effekt på avdunstningsförhållandena att minska ammoniakavgången. Växttäckets funktion som vindskydd bidrar också. En del av den avgående ammoniaken fångas upp av bladverket. Genom att lättflytande gödsel lättare får kontakt med markpartiklarna så förlorar den vanligen mindre ammoniumkväve än mera trögflytande (Claesson & Steineck, 1991).

Avdunstningen vid spridning i växande gröda blir minst då gödseln myllas ner. Frusen marks förmåga att ta upp näring är dålig. Om gödseln blir liggande på marken en längre tid efter spridningen blir förlusterna betydande (Lundin, 1988). Om markkontakten helt elimineras av växtrester blir ammoniakförlusterna nästan totala (Döhler, 1990).

Ammoniakavgången kan indelas i två faser. En inledande som omfattar de två första dagarna efter spridningen där väderleken i hög grad avgör förlusterna och en påföljande där det är andra faktorer, framför allt torrsubstanshalten, som styr (Sommer & Christensen, 1990). De lägsta förlusterna av ammoniak erhålls

vid temperaturer strax över noll. Gödselns flytande fas kan då tränga ner, samtidigt som avdunstningshastigheten är låg. Under sommaren avgår hälften av den ammoniak som förloras inom 6 dagar på 18 timmar. Denna andel försvinner på 36 timmar om vår och höst (Sommer & Christensen, 1989).

Nitratutlakning

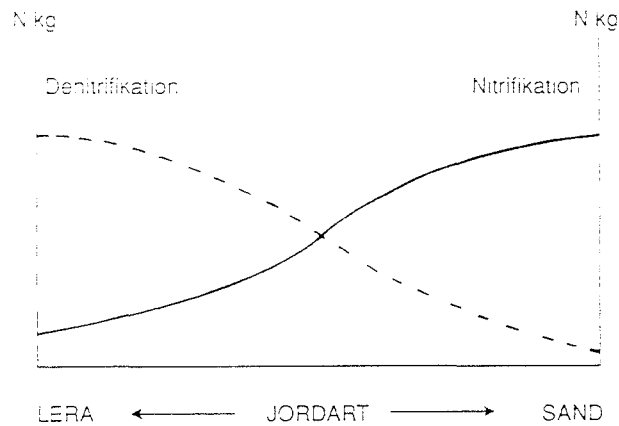
Flytgödsel innehåller ammoniumkväve och organiskt bundet kväve. Växterna kan ej ta upp det organiskt bundna kvävet direkt utan detta måste först brytas ner (mineraliseras) av markorganismerna till ammoniumkväve. Växten kan ta upp ammoniumkvävet direkt, men det mesta omvandlas av nitrifikationsbakterierna till nitrat. Nitratomvandlingen styrs av mängden ammoniumkväve, temperatur, syretillgång och markfuktighet. Hög temperatur och god syretillgång gynnar nitratbildningen (Steineck m fl, 1991). Ammoniumkvävet är svårörligt i marken, medan nitraten löses i markvätskan och är lättillgängligt för växterna. Nitratkvävet utsätts för utlakningsrisk genom att det stannar kvar i markvätskan (Claesson & Steineck, 1991).

Utlakningsförlusterna blir minst då gödseln sprids vid tidpunkter när näringen genast tas upp av en växande gröda. Det allra bästa resultatet fås om gödseln sprids och myllas ner i samband med vårsådd. Arbetstoppen under vårbruket och risken för markpackning gör spridningen svår genomförd då. Förlusterna pga utlakning i form av nitrat under hösten och vintern kan bli betydande vid spridning före plöjning eller sådd på hösten. Marktemperaturen under hösten är hög nog för nitrifikationen (Lundin, 1988).

Bakgrunden till kväveutlakningen är således att marken levererar nitratkväve även under den del av året då det inte finns någon upptagning av kväve från grödan. Det finns också utlakningsrisk för det gödselkväve som grödan ej tagit upp. Mängden nitrat i marken under den tid på året då marken ej har någon gröda ligger till grund för storleken på utlakningen. Eftersom nitratkvävet är löst i markvätskan är det nederbördsförhållandena i kombination med markens vattenhållande förmåga och genomsläpplighet som i sista hand bestämmer hur mycket som kommer att utlakas. Kväveutlakningen är störst på de lätta jordarna. För att begränsa utlakningen måste kvävegödslingen styras vad gäller mängd, tidpunkt och spridningsjämnhet mot att maximera kväveutnyttjandet och hålla nere mängden restkväve (Claesson & Steineck, 1991).

Denitrifikation

Vid denna process återförs kväve i form av nitrat till kvävgas. Denitrifikationsbakterierna ställer vid syrebrist om sin andning så att nitrat kan användas istället för syre. Denitrifikationen är störst på lerjordar, i motsats till nitratutlakningen (figur 3) då syrebrist lättast uppstår på dessa pga packning och vattenmättnad. Processen kan äga rum så länge marktemperaturen är över noll, men gynnas av hög temperatur. Denitrifikationen anses ej som skadlig för miljön då det är i det närmaste ren kväve (N_2) som återförs till luften, men kan leda till betydande kväveförluster (Claesson & Steineck, 1991).



Figur 3. Principiella sambandet mellan jordart och denitrifikation resp. nitratutlakning (Claesson & Steineck, 1991).

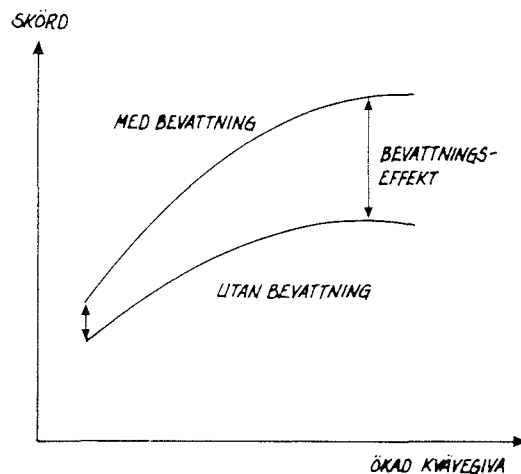
Växtnäringseffekter av flytgödsel

Ammoniumkväve (NH_4), som betraktas som direkt växttillgängligt, har en effekt som kan jämföras med konstgödsel förutsatt att spridningen sker förlustfritt. Det organiska kvävetts effekter är däremot mer svårbedömda, då de till stor del är beroende av mineraliseringen dvs nedbrytning till växttillgänglighet. Vårspridning ger det bästa kväveutnyttjandet (Nilsson, 1988). Försök visar att kväveupptagningen är lägre från nöt- än från svingödsel. Detta kan bero på att nötflytgödselns högre kolkväveknot gör att kväve binds vid nedbrytningen av det organiska materialet. Det kan också bero på att nötflytgödseln kvarhåller en större vattenmängd där ammoniumkvävet är löst ("tvättsvampeffekt") än vad svinflytgödseln gör. Ammoniumkvävet i flytgödsel varierar mellan 50 och 90% av totalkvävet (Bengtsson & Albertsson, 1991).

Den totala mängden fosfor och kalium i flytgödsel förändras inte under lagring och hantering om systemet är slutet (Bengtsson & Albertsson, 1991). Det finns ingen skillnad i effekt av fosfor och kalium i flytgödsel jämfört med i konstgödsel (Steineck, 1987, s. 39).

Utspädning av flytgödsel med vatten

Mellan bevattning och kvävegödsling får man ofta ett positivt samspel (figur 4). Vid förbättrad markfuktighet ger varje kg kväve större utbyte. En väl anpassad bevattning leder till större kväveupptagning och mindre variationer i denna mellan åren. Risker för utlakning under höst och vinter minskar genom ett bättre kväveutnyttjande. Detta gör att det finns mindre kväve i rotzonen efter skörden. Alltför riklig eller ojämn bevattning ökar risken för kväveförluster under växtperioden (Linnér, 1990).



Figur 4. Exempel på samspel mellan vatten och växtnäringstillgång (Linnér, 1990).

Vid ökad kvävegödsling blir bevattningseffekterna större. Till bevattnade grödor kan det vara befogat att dela upp kvävegivan och ge en del av kvävet under växtperioden. Gödslingen anpassas till grödans utveckling. Bevattning medför vanligen en lägre proteinhalt i kärnan. Bevattning i kombination med hög kvävegiva leder till liggsäd (Linnér, 1987).

I ett laboratorieförsök medförde spädning av nötgödsel med 50 och 100% vatten att ammoniakförlusterna reducerades med en fjärdedel respektive hälften (Beudert et al, 1989). Ett holländskt försök tyder på att spridning av gödsel med efterföljande bevattning eller spridning av utspädd gödsel medför minskade ammoniakförluster (Klarenbeek & Bruins, 1990). Ammoniakförlusternas minskning betyder att kvävet utnyttjas bättre vid utspädning än då flytgödseln sprids naturell. Ammoniakavgången minskar dels som en följd av att ammoniakten löser sig i vattnet och dels förbättras upptagningen av den tillförda växtnäringen. Utspädd gödsel infiltreras snabbare i marken än outspädd (Karlsson, 1991).

Utspädning av svinflytgödsel med 50 % vatten gav ingen skördeökning i svenska försök (Rodhe & Salomon, 1992).

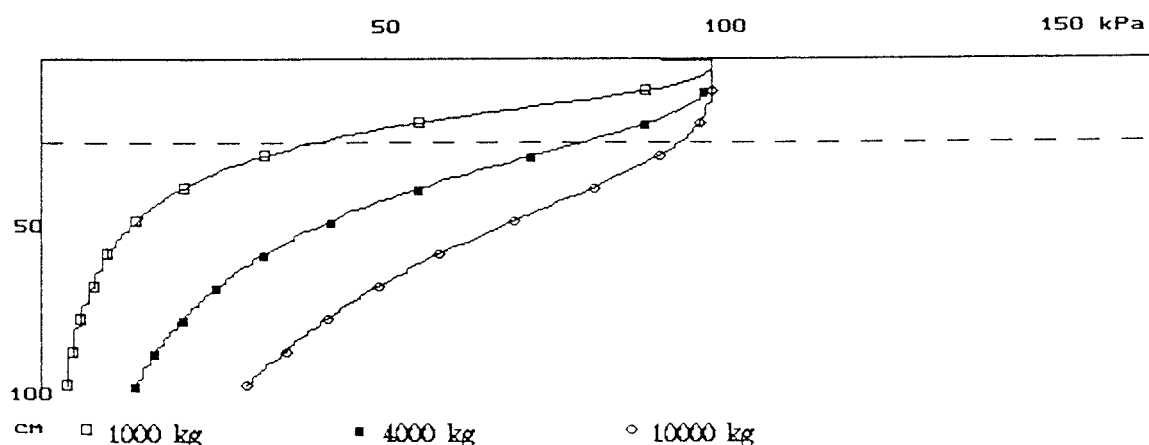
Jordpackning

Vid beräkning av markskador orsakade av tunga körningar på jordbruksmark indelar Arvidsson & Håkansson (1989) dessa i:

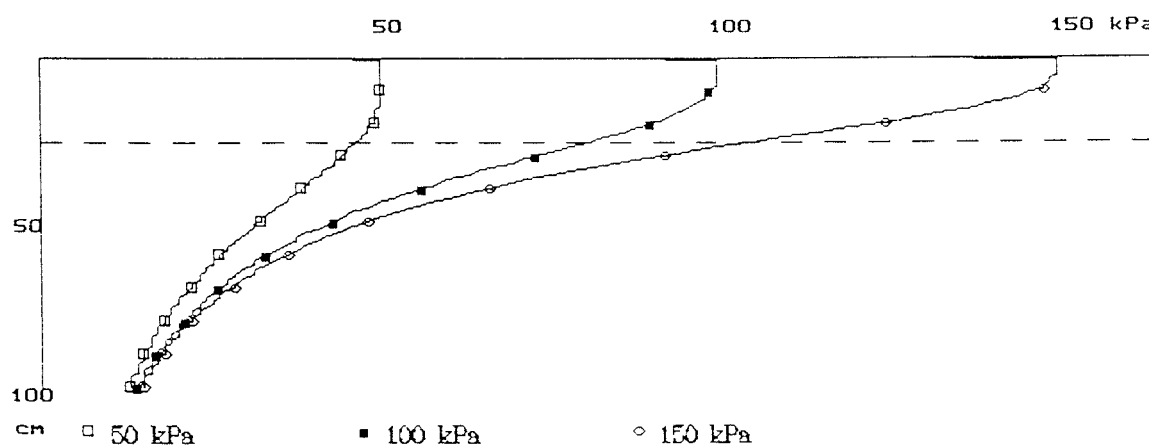
1. Effekter på det aktuella årets gröda av återpackning av matjordslagret på plöjda fält under såbäddsberedning och sådd.
2. Sådana effekter av packning i matjordslagret som kvarstår efter det att jorden plöjts.

3. Effekter av packning i alven orsakade av fordon med hög axelbelastning och av traktorernas f r hjul vid plöjning. Effekterna i skiktet 25-40 cm  r borta efter 10 år, medan skadorna i skiktet djupare än 40 cm  r permanenta.

Spridning av flytgödsel är oftast den f ltoperation som innebär högst trafikintensitet med tunga fordon. Kostnaderna för jordpackningen  r ofta minst lika stora som värdet av flytg dselns v xtn ringsv rde (Håkansson & Danfors, 1988). Figur 5 och 6 visar på ringtryckets resp. axeltryckets betydelse för trycket i marken.



Figur 5. Tryck i marken till 1 meters djup för tre olika axelbelastningar med samma ringtryck (Arvidsson, pers. medd., 1992).



Figur 6. Tryck i marken till 1 meters djup för tre olika ringtryck, samtliga vid 4 tons axelbelastning (Arvidsson, pers. medd., 1992).

En lämplig regel för ringtryckets respektive axelbelastningens betydelse för trycktillskottet i olika nivåer i jorden är enligt Arvidsson (pers. medd., 1992):

- 0 - 25 cm - Trycktillskottet bestäms i första hand av ringtrycket.
- 25 - 100 cm - Trycktillskottet beror både på ringtryck och axelbelastning.
- > 100 cm - Trycktillskottet bestäms i första hand av axelbelastningen.

Beständigheten av packningen ökar med djupet. Jordpackningen beror på trafikintensiteten, hjulutrustningen, lufttrycket, jordarten och markfuktigheten. Den senare beror på årstid, väder och närvaro av gröda eller ej. I alla marklager gäller att ju högre markfuktighet desto intensivare jordpackning (Håkansson & Danfors, 1988). När marken är torr fungerar markvattnet som klister mellan markpartiklarna och dessa kan inte flytta sig inbördes. Är däremot marken våt så blir förhållandet det motsatta. Vattnet är ej längre "klistrat" mellan markpartiklarna utan fungerar istället som ett smörjmedel. Markpartiklarna kan lätt röra sig och marken packas. En högre vattenhalt gör att trycket går mera rakt ner och ger större packning i alven. Trycket koncentreras rakt under hjulet vid hög vattenhalt därför att partiklarna kan röra sig fritt och trycket fördelas då ej så mycket i sidled (Arvidsson, pers. medd., 1992).

De flesta flytgödselspridare har hög axelbelastning och högt marktryck. På plöjda fält packar de normalt marken inom plöjningsdjup alltför hårt vilket innebär lägre skörd av nästa gröda. Det körs normalt tre gånger så långt på fältet mot vad som behövs för enbart spridningen. Körning med en axelbelastning på 10 ton leder till jordpackning på djupet och långvariga negativa effekter på grödan. Man kan reducera kostnaderna rejält genom att använda lämplig utrustning vid rätt tidpunkt. Marken är oftast torr under växtperioden vilket gynnar spridning i växande gröda. Tyvärr innebär detta skador på grödan (Håkansson & Danfors, 1988).

För att förhindra eller minska jordpackningen kan man enligt Krause (1988)

- reducera antalet överfarter,
- utöka rampbredden,
- köra då marken tål belastningarna bäst,
- minska marktrycket genom fler axlar, lägre tryck eller bättre däcksutrustning,
- använda bevattningssystem i stället för tankvagnar.

Körskador på växterna

Vid spridning i växande gröda kan körskadorna på växterna bli omfattande (Nilsson m fl, 1981). Skördeförlusterna pga körskador uppkommer dels av att traktorhjulen trycker ner plantorna dels av att lågt sittande delar på traktorn eller sprutan faller plantorna. Nilsson m fl undersökning skedde vid kemisk bekämpning i växande gröda vilken utföres vid en tidpunkt jämförbar med övergödsling med flytgödsel. Det visade sig att korngroddan mellan hjulen i försöken helt eller praktiskt taget helt hade rest sig vid skörden. I hjulspåren däremot reser sig grödan dåligt vid sena behandlingstidpunkter.

Olvång och Johnsson (1982) undersökte hur skörden påverkas vid körning i olika stadier av höstvet. Skördeförlusterna efter en traktor som körde i grödans bestockningsstadium var 0,7 % vid 10 m arbetsbredd och 0,38 m breda däck. Efter beräkningar enligt Arvidsson & Håkansson (1989) är jordpackningen upphov till 0,1 % av skördeförlusten. Skillnaden (0,6 %) kan därmed bero av mekanisk körskada. Detta skulle motsvara en skördesänkning i körspåren med 8 %. Vid körning i stadiet för begynnande stråskjutning var skördeförlusten 1,6 % med 10 m arbetsbredd, och i körspåren blev skördesänkningen 20 %. Körskadorna minskas betydligt av ökad arbetsbredd (Karlsson, 1991).

Holländaren Darwinkel (1984) har studerat skördeförlusterna vid körning i gröda med eller utan körspår (tabell 1). Flera körningar med traktor (hjulbredd 22,5 cm) ledde till nästan totalt skördebortfall i körspåren. Denna skördeförlust kompenserades till stor del genom ökad skörd i intilliggande rader av körspåret. När fasta körspår anlades genom att två rader inte såddes var skördekompensationen i intilliggande rader ännu större, vilket totalt innebar en lägre skördeförlust.

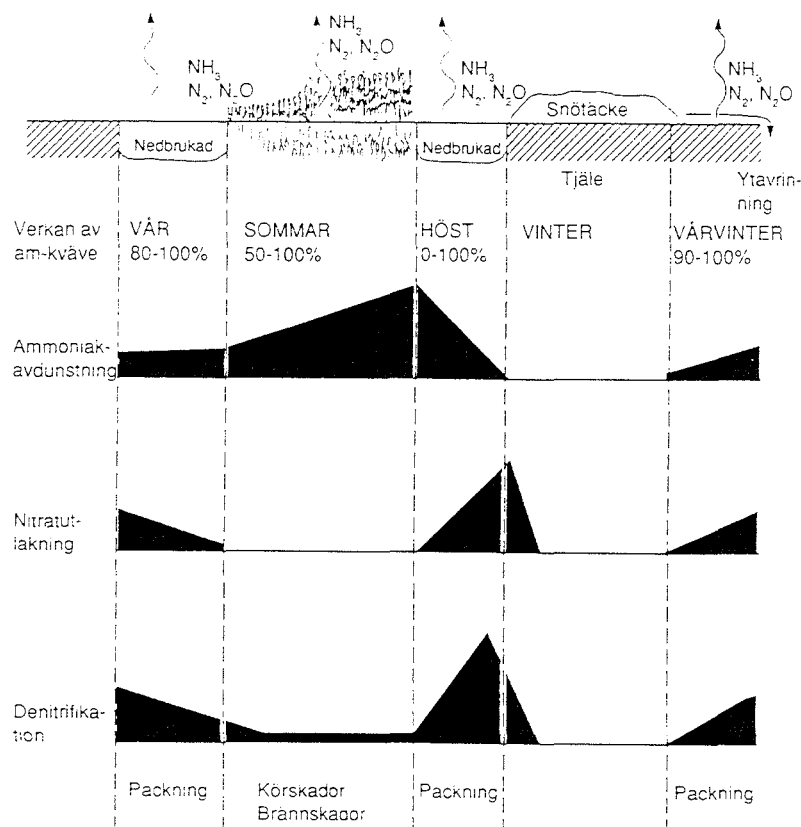
Tabell 1. Skördeförlust (kg/ha och %) vid körning i höstvet, 12 m arbetsbredd, utan och med fasta körspår, olika antal körningar och en avkastningsnivå omkring 8850 kg/ha (Rodhe & Salomon, 1992 efter Darwinkel, 1984)

Antal körningar	Skördeförlust			
	nedkörning med traktorhjul		fasta körspår	
	kg/ha	%	kg/ha	%
0	-		40	0,4
3	30	0,3	30	0,3
5	80	0,9	60	0,7
7	120	1,3	80	0,9
9	140	1,6	100	1,1

I Rodhe & Salomons (1992) försök blev skördenedsättningen 1,0-2,7 % vid spridning i höstvet vid 12 m arbetsbredd. I korn låg skördenedsättningen mellan 0 och 1,2 %. Körskadorna blev större ju senare körningen gjordes.

Spridningsstrategi

Med spridningsstrategi avses var, när och hur gödseln sprids samt givans storlek. Optimalt utnyttjande av flytgödseln kräver tillämpning av en spridningsstrategi som tar hänsyn till den enskilda gårdens förutsättningar. Figur 7 visar en sammanställning över spridningstidpunktens betydelse för ammoniakavgång, nitratutlakning och denitrifikation samt när det är risk för jordpackning, körskador och brännskador på växterna (Steineck m fl, 1991).



Figur 7. Kvävetts verkan och förluster av kväve vid olika spridningstider vid jämn spridning med ramp (Steineck m fl., 1991).

Ammoniumkvävet i flytgödsel har vid spridning under vårvintern och vid nerbrukning i vårbruket en effekt av 80-100 % av motsvarande mängd kväve i handelsgödsel tillfört på våren (Steineck m fl, 1991).

Jordpackningen begränsas genom spridning i växande gröda på försommaren, däremot kan körskador eller brännskador på växterna uppkomma. Då temperaturen är högre på försommaren kan ammoniakavdunstningen bli högre än vid vårspridning (Steineck m fl, 1991).

Vid vilket stadium i stråsädens utveckling skall spridningen ske? Svensson menar (pers. medd., 1992) att det finns tre faktorer som påverkar vilken växtnäringseffekt som erhålls:

- Stråsäden skall vara i ett tillväxtstadium där den utnyttjar kvävet väl.
- Stråsäden skall ha nått en höjd som gör att den skyddar markytan från vinden.
- Stråsädens fotosyntesaktivitet skall vara sådan att den skapar förutsättningar för bindning av ammoniak i det mikroklimat som skapas i det marknära skiktet.

Exakt när dessa faktorer gör det optimalt att sprida är ej helt klarlagt. Rodhe & Salomon (1992) har med dessa faktorer som utgångspunkt funnit, i försök, att

då stråsåden är ca 15 cm hög är en bra spridningstidpunkt. Detta gäller höstsäd. För vårsäd fann man ej någon optimal spridningstidpunkt.

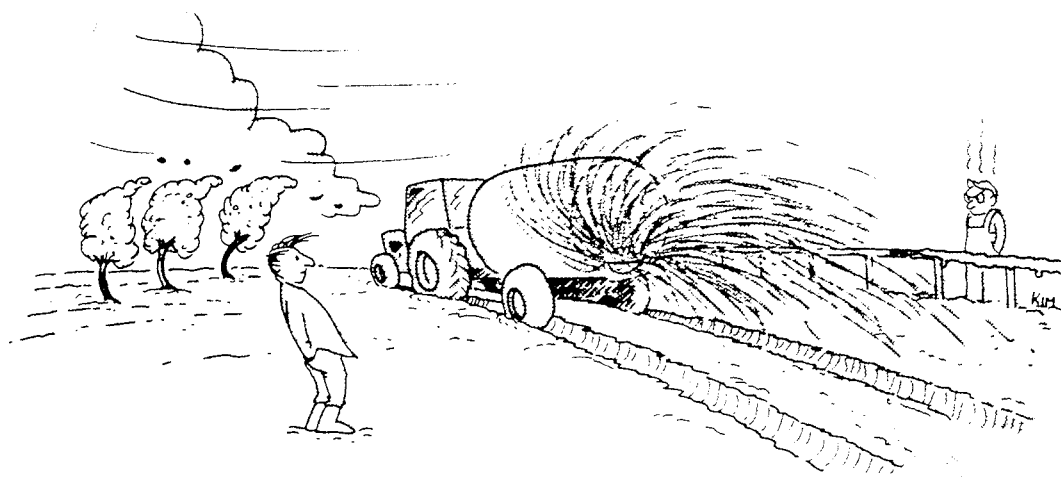
Höstspridning ger osäker verkan av kvävet allt från 0-100 %. Anledningen är ammoniakavdunstning, nitratutlakning, denitrifikation och dåligt omsatt gödsel, som undanhåller växten kväve genom biologisk fastläggning (Steineck m fl, 1991).

Vid spridning av flytgödsel i växande gröda är det fördelaktigt att ge grödan en startgiva konstgödselkväve på våren. Tillväxten kommer då snabbt igång och lättomsättbart kväve finns tillgängligt för beståndsuppbyggnaden (Rodhe & Salomon, 1992).

Spridningsteknik för flytgödsel

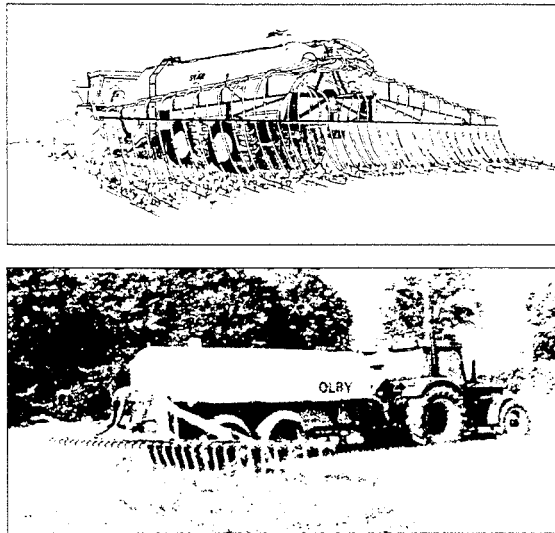
Spridningen av flytgödsel utförs idag oftast på ett otillfredsställande sätt från både ekonomisk- och miljösynpunkt. Ammoniakavdunstning och ojämn spridning leder till dåligt kväveutnyttjande. Sällan vet man kväveinnehållet eller den utspridda mängden (Blomquist & Gudmundsson, 1988). Vid spridning av flytgödsel har bredspridning med spridarplatta varit den vanligaste metoden (figur 8). Till bredspridare räknas också de mindre vanliga pendelspridarna och ramper med spridarplattor. Bredspridningen kan medföra ojämn spridning, luktolägenheter och hög ammoniakavdunstning. Jämn spridning kräver rätt avstånd mellan kördragen vilket kan vara svårt att lyckas med.

Myllning av flytgödseln innebär att spridning och inblandning i jorden sker i en och samma arbetsoperation. Myllningen innebär att ammoniakavgången och luktproblemen minskas. Myllningsaggregaten har oftast liten arbetsbredd, stort dragkraftsbehov och är svåra att köra med i växande stråsåd.



Figur 8. Bredspridning med spridarplatta - sanning eller nidsbild (Claesson & Steineck, 1991).

Rampspridare med släpslangar (bandspridning) ersätter idag bredspridarna alltmer (figur 9). Arbetsbredden bestäms av rampens bredd. Utloppen har som regel ett avstånd på 30 till 50 cm och mynnar direkt på markytan. En hydrauliskt driven rotorfordelare ser till att varje slang får lika stor gödselmängd. En annan teknik för att fördela gödseln jämnt använder sig av en ventil för varje utlopp. Bandspridning är speciellt lämpad för spridning i växande gröda, eftersom risken för brännskador minskar. Markspridningen gör tekniken okänslig för vind, vilket är positivt för spridningsjämnheten och lukten. Ammoniakavdunstningen minimeras under spridning och från markytan (Claesson & Steineck, 1991).



Figur 9. De två vanligaste teknikerna för spridning av flytgödsel med ramp och släpslangar. Den övre bilden visar ett fördelningssystem med en hydrauliskt driven rotor. En ventil för varje utlopp ser till att fördelningen blir jämn vid spridning med den undre ramptypen (Claesson & Steineck, 1991).

Försök vid Jordbrukstekniska institutet visade på att bandspridning gav mer-skörd kontra bredspridning då ramp användes, vid spridning till vall. 50 cm radavstånd gav sämre skörd än spridning med 25 cm eller 37,5 cm avstånd (Rodhe m fl, 1988). 67 % av nötgödselns ammoniumkväve förlorades då den spreds med spridarplatta att jämföra med 48 % vid släpslangsspridning, som antagligen gav mindre förluster i bladverk och genom vind (Döhler, 1990).

Negativt med bandspridning är att det krävs finfördelad strö, och att priset på utrustningen har en merkostnad mellan 70 000 och 100 000 kr (Bengtsson & Albertsson, 1991).

Bevattningsmaskin

För bevattning används huvudsakligen slangtrumm maskiner utrustade med storspridare. Storspridaren är monterad på en liten vagn som vid bevattning långsamt dras in mot slangtrumman allt eftersom slangen lindas upp på denna. Storspridaren är rationell men har en otillfredsställande spridningsjämnhet vid blåst. Vid en vindhastighet på 3 m/s görs en vätskeförlust på 30 %, främst beroende på ojämna spridning, om varje yta skall erhålla sin minimigiva (Sourell,

1984). Vätskeförluster uppstår även genom avdunstning under spridning, ytavrinning och avrinning under rotzonen. Med god teknik och effektiv styrning av bevattningen kan 80-90 % av bevattningsvattnet utnyttjas av grödan (Linnér, 1990, s. 140-156).

Bevattningstekniken är användbar även för spridning av flytgödsel. Storspridaren ersätts då med en ramp försedd med släpslangar för att minska problemen med vindavdrift och luktspridning. Användningen av ramp kräver att flytgödseln är förbehandlad, genom separering eller malning, för att förhindra stopp (Svensson, 1989).

Arbetsbredden minskar eftersom ramperna på marknaden idag är mellan 24 och 36 m breda. Arbetsförbrukningen ökar då minskad arbetsbredd innebär fler flyttningar. Indragningen av slangen sker på de flesta slangtrumm maskiner med vattenturbindrift. Vattenturbinerna är känsliga för föroreningar och måste ersättas av en mindre förbränningsmotor eller av kraftuttags- eller hydrauldrift från en traktor (Karlsson, 1991).

Dragkraftsbehovet vid ut- eller indragning av slangen beror på slangens längd och dimension samt markytans egenskaper. För en 110 mm slang kan dragkraften maximalt uppgå till 15-20 kN. Detta innebär att det krävs en ganska stor traktor för utdragning av slangen (Johansson & Linnér, 1977). Strasser (1990) har beräknat att axelbelastningen på drivhjulen måste vara minst 2,5 ton.

Indragningshastigheten blir ett problem vid ombyggnad av en bevattningsmaskin för spridning av flytgödsel. Vid bevattning kan givorna variera mellan 100-500 m³/ha medan de under flytgödselspridning kan ligga på 20 m³/ha och därunder (Boxberger, 1987). Indrivningshastigheten ökar också betydligt genom rampens mindre arbetsbredd.

Den rådande indragningskraften och trumradien inverkar på vridmomentet på trumman vid indragning. Med avtagande indragningskraft, dvs när spridaren kommer närmare trumman, reduceras vridmomentet. Detta medför att varvtalet ökar och därigenom också indragningshastigheten. Indragningshastigheten för en bevattningsmaskin förhåller sig linjärt till slanglängden över ett varv upplindad slang på trumman (Sourell, 1991). Då ett nytt varv börjar lindas upp på trumman stiger hastigheten på indrivningen eftersom diametern ökar och därmed också periferihastigheten. Den spridda mängden blir därför vanligen 20-40 % mindre vid slutet av indragningen (Johansson & Linnér, 1977). Detta gör hastighetsreglering nödvändig från spridningsjämnhetssynpunkt. Hastighetsreglering sparar cirka 6 % i energi (Sourell, 1991).

I Danmark har en firma (Gejs) utvecklat en självkörande bevattningsmaskin med vilken det går att sprida flytgödsel. Den har en släpslang försedd ramp vilken är monterad på bevattningsmaskinen. Drivningen sker med en dieselmotor. Maskinen körs ut ifrån hydranten och vandrar sedan själv under spridning tillbaks till hydranten. Flytgödseln kan antingen injiceras i vattnet eller spridas direkt (Gejs, 1990).

Transporten av flytgödsel till bevattningsmaskinen kan enligt Boxberger (1986) utföras på tre olika sätt. Flytgödseln kan transporteras i rör ifrån flytgödselbe-

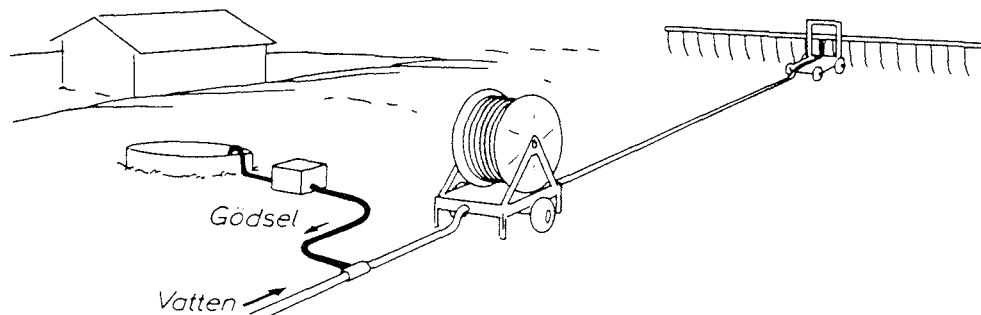
A central tractor with a large cable reel is shown connected to various agricultural implements via cables. The implements include a harrow, a plow, a roller, a seed drill, and a water pump. This setup demonstrates the versatility of a central tractor in a cable-controlled system.

Normalt används centrifugalpumpar vid bevattning. Dessa kan också användas vid spridning av flytgödsel om inte mottrycket är för högt. En centrifugalpump sjunker i flöde när trycket når en viss nivå. Flytgödsel är inte helt homogen, och ger därför upphov till varierande friktionsmotstånd. Friktionsmotståndet ökar mellan 5-20% vid flytgödseltransport jämfört med vatten (Thamsen, 1985). Det högre och varierande mottryck som uppstår gör att det ej går att vara säker på att centrifugalpumpen lämnar ett konstant flöde. Istället rekommenderas deplacementpumpar, som ger ett i stort sett konstant flöde oberoende av mottrycket, vid direktspridning av flytgödsel (Karlsson, pers. medd., 1992).

Injicering i vattenström

Ammoniäkförlusterna blir lägre då flytgödseln spädes med vatten. Varför det blir så förklaras under rubriken Utspädning av flytgödsel med vatten. Här tas bara tekniken för utspädning upp.

Injicering av flytgödsel i vattenström (figur 11) kräver tillgång på vatten och att det är lönsamt att bevattna de odlade grödorna. Gödseln transporteras till fältet på något av de sätt som visas i figur 10. Även vid utspädning måste gödseln gå genom en hackelsepump före spridning. Den injiceringspump som används bör kunna ge ett varierbart flöde alltefter utspädningsgrad och önskad giva. Den bör dessutom vara försedd med tryckutjämnare för att skona pumpen från tryckstötar (Brundin & Rodhe, 1990).



Figur 11. Injicering av flytgödsel i vattenström i samband med bevattning med lågspridningsramp (Karlsson, 1991).

Mätmetoder för spridningsteknik

Jag har studerat hur provningarna av rampspridare med släpslangar utförs i några olika länder. Provningarna i Sverige, Danmark och Tyskland avser tankvagn med rampspridare, medan norrmännen har provat en rampspridare avsedd för bevattningsmaskin. Ingen enhetlig standard finns framtagen på området.

Sverige

Statens maskinprovningar har tagit fram en metod för provning av spridningsjämnhet i sidled av tankvagnar försedda med rampspridare med släpslangar. Gödseln samlas upp i lådor 0,5x0,25 m. Slangarna fixeras och placeras en över varje låda (Maskinprovningarna, 1992). Lådorna är placerade på en rörlig ramp som förflyttas på en räls. Spridaren står alltså stilla under provningen. Provningrampens hastighet kan varieras i fyra steg så att spridaren kan testas vid den körhastighet som krävs i praktiken för att få önskad giva. Spridaren provas med tre olika flytgödseltyper. Varje gödseltyp provas sedan vid tre olika hastigheter (givor). Av varje kombination av gödseltyp och hastighet görs fyra delprov. Lådorna vägs mellan varje delprov (Malgeryd & Wetterberg, 1991).

Vid provning av rampspridare med släpslangar kan spridningsjämnheten ej definieras på samma sätt som tillämpas för bredspridare. Då slangarna ej fördelar gödseln över en yta går det endast att bedöma hur pass jämn fördelningen är mellan slangarna. Maskinprovningarna har valt att presentera spridningsjämnheten i tre olika mått:

- Medelavvikelse
- Maximal avvikelse
- Variationskoefficient

Medelavvikelsen (D_{med}) definieras som medelavvikelsen från medelvärdet av gödselmängden från slangarna:

$$D_{\text{med}} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \cdot 100 \%$$

x_i = Mängden gödsel i en låda

\bar{x} = Medelvärdet av gödselmängden i alla lådor

n = Antalet mätvärden

Maximal avvikelse (D_{max}) definieras som maximal avvikelse från medelvärdet av gödselmängden från slangarna:

$$D_{\text{max}} = \frac{\sum |x_i - \bar{x}|}{n \cdot \bar{x}} \cdot 100 \%$$

x_i = Mängden gödsel i en låda

\bar{x} = Medelvärdet av gödselmängden i alla lådor

n = Antalet mätvärden

Variationskoefficienten (V_k) anger den statistiska variationen kring medelvärdet för alla värden:

$$V_k = \frac{\text{Standardavvikelse}}{\text{Medelvärde}} \cdot 100 \%$$

$$V_k = \frac{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

x_i = Mängden gödsel i en låda

\bar{x} = Medelvärdet av gödselmängden i alla lådor

n = Antalet mätvärden.

Variationskoefficienter är endast jämförbara då samma provningsmetod används. En rampspridares variationskoefficient går ej att jämföra med en bredspridares även om samma beräkningsmodell använts. Det enda som går att jämföra är rampspridare med samma slangavstånd (Maskinprovningarna, 1992).

Metoden säger alltså ingenting om effekten av olika avstånd mellan slangarna på en rampspridare. Något optimalt avstånd mellan slangarna för växternas näringsförsörjning finns ej framtaget. Rampspridare med olika slangavstånd kan ej jämföras då antalet slangar påverkar variationskoefficienten (Malgeryd & Wetterberg, 1991).

Vid spridning i längsled är spridaren också stationär. Under spridarens hjul och drag placeras elektroniska vågar. Två gånger per sekund mäter vågarna spridarens vikt under tömningen. Därigenom fås en kontinuerlig registrering av gödselflödet från spridaren (Malgeryd & Wetterberg, 1991).

Danmark

Spridningsjämnheten i sidled provas stationärt. Man samlar upp gödseln i 200 liters fat under 1,5-2 minuter beroende på flödet. Prov görs med vatten och med gödsel vid två olika ts-halter. Provingarna utfördes vid tre olika kraftuttagsvarv. Resultaten presenterades i form av variationskoefficient och diagram över flödet från varje slang.

Vid provning av spridningsjämnheten i längsled som utfördes på en speciell gödseltestbana för att komma ifrån terrängvariationer provades 5 slangar under 10 meters körsträcka med 0,5 m x 0,5 m lådor. Körhastigheten var 2,3 km/h. Resultaten av spridningsjämnheten presenterades med variationskoefficient (Statens Jordbrugstekniske Forsøg, 1991).

Norge

Spridningsjämnheten i sidled provades stationärt. Man använde sig av en vågcell och en behållare som fylldes. Behållaren flyttades från slang till slang. Mätningen gjordes så att man tog en slang i taget. För att försäkra sig om att tryck, flöde och rotorfordelarhastighet ej förändrades så mättes dessa kontinuerligt. Resultatet av denna provning som utfördes vid två olika tryck och med vatten och flytgödsel presenterades i form av variationskoefficient och diagram för flödet från respektive slang (Morken, 1991). Detta är den enda provning som gått att finna utförd på en rampspridare med släpslangar avsedd för bevattningsmaskin.

Tyskland

Den tyska motsvarigheten till Statens maskinprovningar, DLG, använder sig också av maximal avvikelse, medelavvikelse och variationskoefficient som mått på spridningsjämnhet. Provingen i Tyskland utförs så, att måtten för spridningsjämnhet ej är direkt jämförbara med andra länders provningar. I Tyskland blir spridaren "DLG-märkt" om den underskider en medelavvikelse på 15 % och en maximal avvikelse på 30 % vid provningen (Wetterberg, pers. medd., 1992).

FÖRSÖKSGENOMFÖRANDE

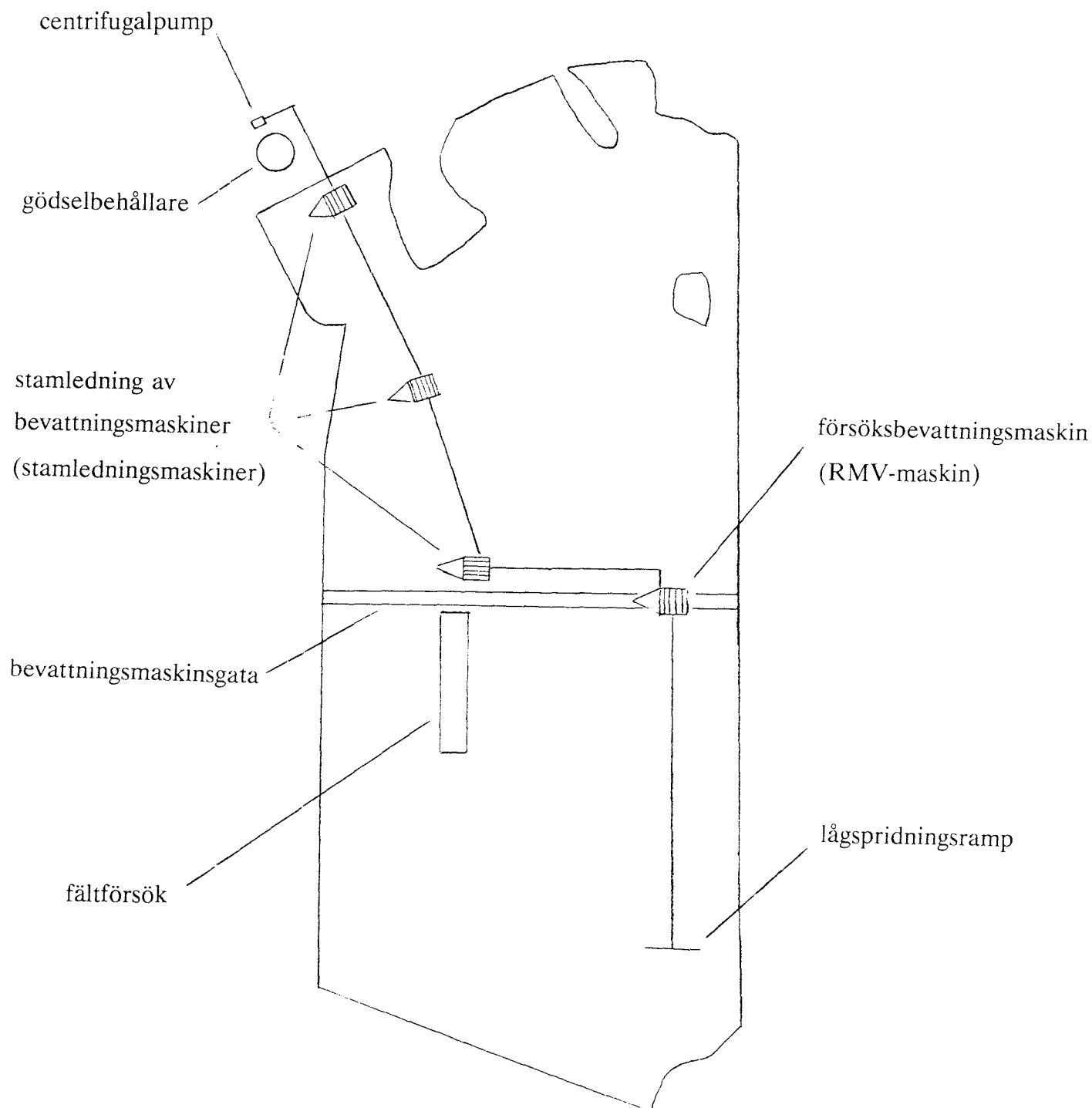
Utvärderingen har bestått av fyra delar; teknikutvärdering, provning av spridningsjämnhet, tidsstudier och fältförsök.

Försöksutrustning

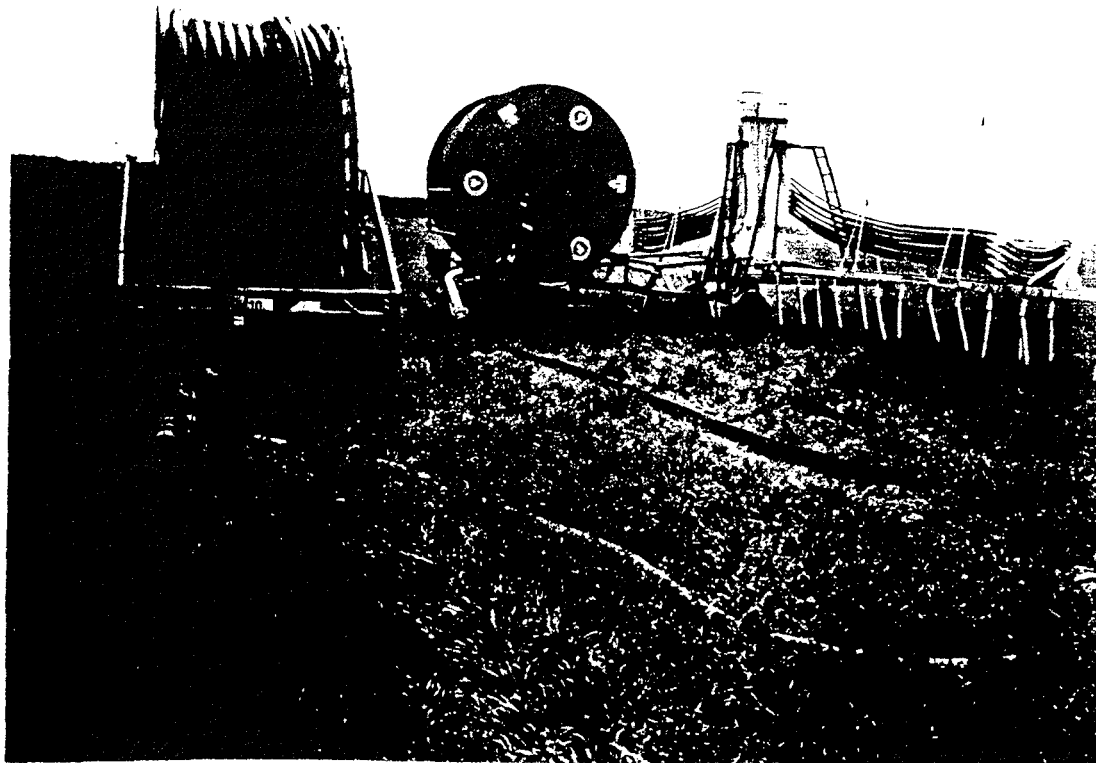
Försöken har utförts på Ultuna egendoms gård, Lövsta, utanför Uppsala. Svinurin uppblandat med spillvatten från fastgödselplatta och stallar har pumpats med en centrifugalpump ur en bassäng och ut till försöksfältet via gamla bevattningsmaskiner (nedan kallade stamledningsmaskiner) som utgjort stamledning. Därefter har vätskan kommit till försöksbevattningsmaskinen av fabrikatet RMV (nedan kallad RMV-maskinen) med en invändig slangdiameter på 85 mm och en slanglängd på 370 m (figur 12).

På RMV-maskinen har den turbin som normalt används för att driva in slangen ersatts med en dieselmotor. Den släpslangsförsedda rampen som användes är framtagen av Hydro-Supra i Landskrona och är 24 m bred med ett slangavstånd på 0,5 m. Vätskan trycks upp till en rotorfordelare, som sitter ca 3 m över marken, denna fördelar vätskan till de 48 slangarna. Ifrån rotorfordelaren får vätskan falla av sin egen tyngd ut genom slangarna och ner till marken (figur 13).

Då rampen kom in till RMV-maskinen stängdes spridningen av automatiskt. En flödesvakt kände av att flödet upphört och påverkade en ventil. Denna ställdes om så att vätskan gick i retur till bassängen. Genom detta system behövde pumpen ej stängas av mellan spridningsdragen och spridningen kunde startas ifrån RMV-maskinen.



Figur 12. Försöksfältet på Lövsta med gödselbehållare, pump, stamledning av gamla bevattningsmaskiner, försöksbevattningsmaskin och lågspridningsramp. På bilden är den "bevattningsmaskinsgata" längs vilken försöksbevattningsmaskinen flyttats mellan uppställningsplatserna markerad.



Figur 13. Försöksbevattningsmaskinen (RMV-maskinen) och Hydro-Supras lågspridningsramp med släpslangar.

Spridningsjämnhet

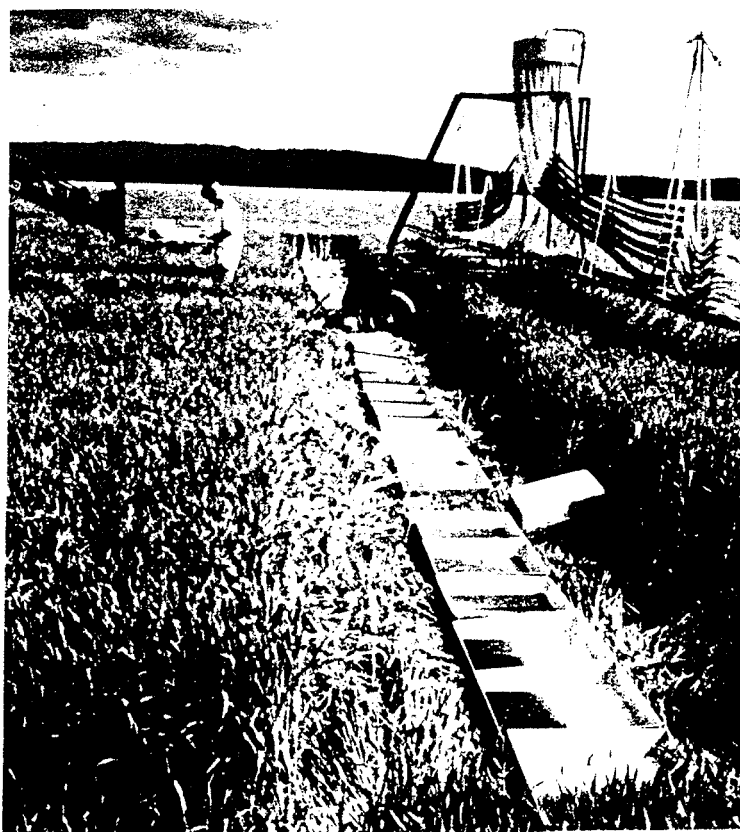
Spridningsjämnheten har mätts i sidled, längsled och slutligen i sidled vid lutning av rampen.

Alla försöken utfördes i fält och vätskan samlades upp i 10 cm höga lådor med måtten 0,5 x 0,5 m. Provningarna av spridningsjämnheten i sidled och längsled gjordes under körning medan lutningsförsöket utfördes stationärt. Resultaten av spridningsjämnheten i sidled och längsled avser hela systemet, där pump, indragningsfunktionen på bevattningsmaskinen, elasticitet i slangen, markojämnheter och rampen påverkar resultatet. Resultaten från lutningsförsöket går ej att jämföra med de övriga då det utfördes stationärt.

Sidled

Rampen kördes över lådorna som var lagda på linje med en låda för varje slang (figur 14). Försöket utfördes i fält och utfördes vid två olika tryck (flöde) på rampen. Det lägre trycket avlästes till 58 kPa och det högre trycket till 60 kPa. Skillnaden mellan de två trycken är ej så stor men skillnaden i flöde blev avsevärd. Att dessa två tryck valdes berodde på att det lägre trycket var det som användes för att få ut den giva (64 m³/ha) som skulle spridas under fältförsöket. Det högre trycket valdes så att rampens fördelare var maximalt belastad dvs den kunde inte ta emot mer gödsel utan översvämning. Vid detta tryck uppstod en viss skumbildning i fördelaren. Det var problem med att hålla samma

hastighet på indrivningen under de olika körningarna vilket medförde att givan varierade mellan försöken.



Figur 14. Försöksuppställningen vid bestämning av spridningsjämnhet i sidled.

Provningen utfördes tre gånger för varje tryck. Innehållet i varje låda vägdes och sedan beräknades variationskoefficienten och medelavvikelsen för respektive körning enligt formlerna på sidan 22.

Längsled

Rampen kördes över de sju lådorna (3,5 m) som var lagda i rad längs med körriktningen. Mätningen gjordes på sju av slangarna (figur 15). Försöket gjordes i fält och upprepades två gånger vid det lägre trycket (flödet) och en gång vid det högre.

Innehållet i respektive låda vägdes och sedan beräknades variationskoefficienten för respektive slang enligt formeln på sidan 22.

Lutning

Mätningen av spridningsjämnheten då rampen lutade gjordes då rampen stod stilla. Hjulen på rampens ena sida pallades upp så att en viss lutning erhöles. Eftersom det var i fält hade vi inget referensplan och kan ej ange något mer mått för lutningen än att den var kraftig. En mätning gjordes med höger sida

upplyft och en med vänster sida upplyft. Mängden från en slang i taget under 15 sekunder vägdes. Fjorton av de fyrtioåtta slangarna studerades. Inga åtgärder gjordes för att kunna kontrollera att flödet till rampen var konstant under mätningen.

låda nr	7	7	7	7	7	7	7
låda nr	6	6	6	6	6	6	6
låda nr	5	5	5	5	5	5	5
låda nr	4	4	4	4	4	4	4
låda nr	3	3	3	3	3	3	3
låda nr	2	2	2	2	2	2	2
låda nr	1	1	1	1	1	1	1
slang nr	2	10	18	24	30	38	46

Figur 15. Försöksuppställning vid bestämning av spridningsjämnhet i längsled. Sju av slangarna undersöktes med sju lådor vardera, alltså under 3,5 meter.

Tidsstudier

Tidsstudier gjordes för att se vilken kapacitet systemet har och för att kunna jämföra med befintliga system.

Tiden som åtgår vid spridning av flytgödsel med bevattningsmaskin kan indelas i tre delar:

- Flyttning från ett fält till ett annat; installation och avveckling.
- Flyttning av bevattningsmaskin och ramp från ett drag till nästa.
- Den tid som rampen sprider gödseln.

Flyttning fält till fält

Fältformen och fältets storlek är avgörande för vilken uppställning av bevattningsmaskinerna som väljs. Antingen ställs RMV-maskinen längs med fältkanten eller, om inte slanglängden är tillräcklig för detta, så delas fältet upp i två halvor. RMV-maskinen står sedan stilla medan ramp och trumma snurras 180°, runt RMV-maskinen och det går att vattna två drag utan att flytta RMV-maskinen.

När det är avgjort var "bevattningsmaskinsgatan" skall vara kan utläggning av stamledning börja. Vid försöken på Lövsta användes bevattningsmaskiner som stamledning. Den sista av dessa "stamledningsmaskiner" hade den funktionen att den skulle anpassa sin utdragna slanglängd allteftersom RMV-maskinen

flyttades mellan de olika spridningsdragen. Stamledning kopplas så ihop med pumpen i ena ändan och RMV-maskinen i den andra. Rampen som transporteras för sig själv körs ut till fältet och monteras samman med RMV-maskinen.

Vid flyttning från ett fält är proceduren den motsatta. Ett moment tillkommer och det är tömning av ledningarna. 1000 meter av den 110 mm slang som användes innehåller 6 m³. Det är befogat att tömma systemet i en tankvagn.

Flyttning till nästa spridningsdrag

Situationen är följande; Rampen har kommit in till RMV-maskinen och indragningen och spridningen har avslutats. RMV-maskin och ramp skall flyttas till nästa uppställningsplats. Ramp och RMV-maskin är så konstruerade att de går att flytta tillsammans så länge det handlar om en linjär förflyttning längs "bevattningsmaskinsgatan".

- Första åtgärden är att invänta rampens sista metrar för att plocka bort det stag som gjorde att rampen följde slangen. Detta stag monterades för att rampen skulle styra efter slangen och ej styra iväg ifrån spåret. Stagets ena ända var fäst i rampens styranordning och den andra i slangen.
- Rampen häktas nu fast i kedjor som är fastsatta i armar på RMV-maskinen. Armarna kan höjas och sänkas med en manuell hydraulpump. Den del av rampen som är närmast RMV-maskinen lyfts nu upp och går fri ifrån marken.
- Därefter vrids de två ramphjulen som är i kontakt med marken i förflyttningsriktningen.
- Slangen som ansluter stamledningen med RMV-maskinen frigörs.
- Slangen på den bevattningsmaskin som utgör sista delen av stamledningen vevas in 24 meter till nästa drag. Detta görs med kraftuttaget på en traktor.
- Traktorn kopplas nu till den med rampen ihopkopplade RMV-maskinen och ekipaget körs de 24 metrarna till nästa uppställningsplats.
- RMV-maskinen kopplas ihop med stamledningen. Rampen firas ner. Hjulen vrids tillbaka och kedjorna lossas.
- Traktorn kopplas för rampen och denna dras ut.
- Rampen kopplas loss. Stagets som får rampen att följa slangen monteras åter.
- Traktorn körs tillbaka till RMV-maskinen varifrån indrivningen kopplas in och vätskan släpps på.

Spridning

Den tid som åtgår för spridningen styrs av några olika faktorer:

- Först och främst givans storlek.
- Vätskans kväveinnehåll.
- Flödet som bestäms av pumpen men slutligen av rampens prestanda.
- Rampbredden
- Slanglängden

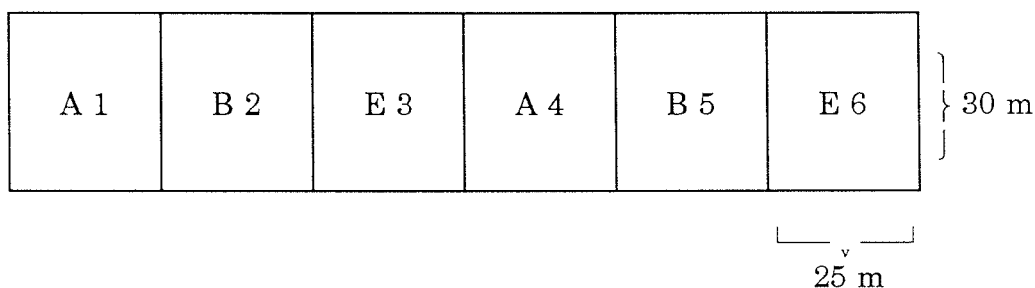
Fältförsök

Ett fältförsök genomfördes. I detta jämfördes rampgödslade led med konstgödslade och obehandlade (figur 16). På försöksfältet hade det gödslats med 50 kg kväve per hektar i samband med vårbruket. Således var även det obehandlade ledet tillfört denna giva. Vid försöket tillfördes ytterligare 50 kg N/ha i de rutor som gödslades med flytgödsel och konstgödsel. Försöket var anpassat till rampens bredd på 24 meter. Rampen drevs in över hela försöket men spred endast i de rampgödslade rutorna.

Jordarten på försöksplatsen är enligt utförd mekanisk analys i skiktet:

0 - 30 cm	mullrik styv lera
30 - 60 cm	mycket styv lera

Halten växttillgängligt kväve på försöksplatsen i skiktet 0-60 cm låg mellan 82 och 124 kg N/ha. Mätningen utfördes precis innan vårbruket (910415) och sådden av korn skedde 910421. Ramp- och konstgödsling utfördes 910616. Kornet befann sig då i stadium 33, stråskjutning. Tredje noden kunde kännas. Halten ammoniumkväve i urinen/spillvattnet vid försökstillfället var 0,78 kg/ton enligt analys. Torrsubstanshalten var 0,39 %, totalkvävehalten var 1,1 kg/ton, kaliuminnehållet var 0,69 kg/ton och fosforhalten var 0,043 kg/ton.



A = obehandlat

B = rampgödslat 50 kg N/ha

E = konstgödslat 50 kg N/ha

Figur 16. Försöksplan och försöksled i fältförsöket.

FÖRSÖKSRESULTAT

Försöksutrustning. Tekniska aspekter

Utrustningens funktion, prestanda, driftssäkerhet och anpassning till praktisk drift har studerats i samband med försökskörningarna.

Centrifugalpumpen fungerade tillfredsställande. Flödesvakten var försedd med en tunga som satt i vätskeströmmen och påverkades av denna. Problem uppstod då tungan antingen korroderades bort eller bröts av. Detta medförde att urin/spillvattnet gick i retur till bassängen istället för ut till rampen. Detta innebar att pumpen fick skötas manuellt.

Att använda bevattningsmaskiner som stamledning fungerade bra. Det tunga arbetet med att lägga ut och ta bort en stamledning av aluminiumrör försvann på detta vis.

Vattenturbinindrivningen på RMV-maskinen var som nämnts ersatt av en dieselmotor. Dieselmotorns energibehov var ringa. Kraftöverföringen till trumman ifrån dieselmotorn bestod av två kilremmar. Indrivningshastigheten bestämdes av dieselmotorns varvtal och var svår att ställa in. Vid låga motorvarvtal och hög belastning hände det att motorn stannade. Trumman gick då baklänges och rullade ut slangen, pga att det saknades broms på trumman. Motorn kunde då dras igång baklänges med kilremsdriften. Det hjul på RMV-maskinen som är närmast rampen sjunker ner i marken då rampen är upphissad.

Ett stag fick monteras mellan rampens styrning och slangen för att rampen inte skulle styra ur spår under indrivning. Rampen kunde under utdragning styra ur spår beroende på glapp i hjulupphängningen. I slangarna på rampen fanns avlagringar från urin/spillvattnet.

För effektiv flyttning bör det vara möjligt att vrida ramp och trumma 180° runt bevattningsmaskinen och kunna utföra två spridningsdrag utan att behöva flytta bevattningsmaskinen. Detta var ej möjligt med försöksutrustningen.

Urinen/spillvattnet som försöken utfördes med hade en låg ts-halt (0,4 %) och var inte upphov till några stopp.

Rampens flödeskapacitet är omkring 50 m³/h. Vid högre flöden blir det översvämning i rotorfordelaren.

Spridningsjämnhet

Sidled

Variationskoefficienterna redovisas i tabell 2. Avvikelsen för respektive slang ifrån medelgivan presenteras; för det lägre trycket i figur 17, 18 och 19 och för det högre trycket i figur 20, 21 och 22. Medelavvikelsen för respektive körning återges i tabell 3.

Tabell 2. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Variationskoefficienter

Körning	Lågt tryck	Högt tryck
1	26	12
2	27	12
3	13	11

Tabell 3. Medelavvikelsen i procent som mått på spridningsjämnhet i sidled, beräknad enligt formel på sidan 22

Körning	Lågt tryck	Högt tryck
1	22	9
2	23	12
3	9	8

Längsled

Variationskoefficienten för spridningsjämnheten i längsled redovisas i tabell 4. Slang nummer 30 har utgått då det visade sig att den hakade upp sig i lådkanterna, vilket ledde till felaktiga mätresultat.

Tabell 4. Variationskoefficienten för sju av slangarna vid provning av spridningsjämnheten i längsled. Varje slang följdes under sju lådor

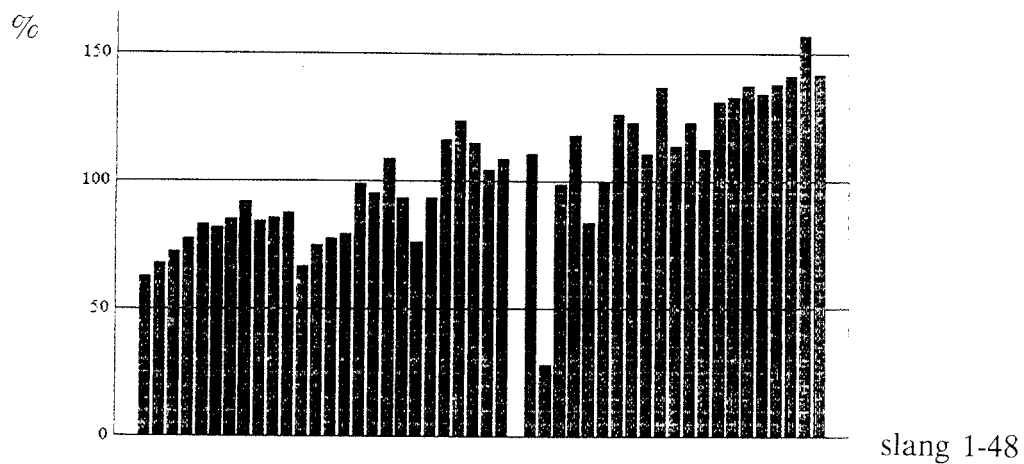
Slang nr	2	10	18	24	30	38	46
Lågtryck	21	19	10	7	(67)	8	16
Lågtryck	19	10	10	5		6	35
Högtryck	18	8	9	5		7	29

Lutning

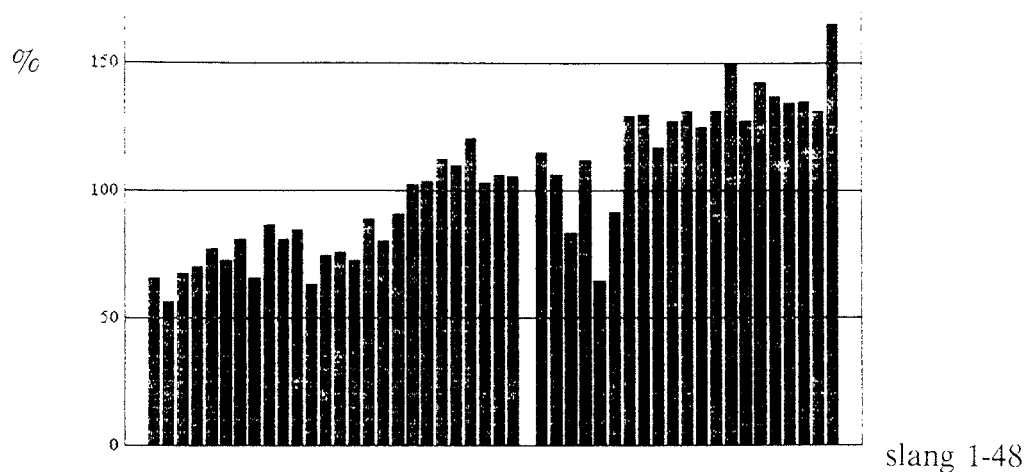
Då högersidan på rampen lyftes upp blev variationskoefficienten: 12 %
Då högersidan på rampen lyftes upp blev medelavvikelsen: 7 %

Med vänstra sidan upplyft erhöles en variationskoefficient på: 12 %
Med vänstra sidan upplyft erhöles en medelavvikelse på: 7 %

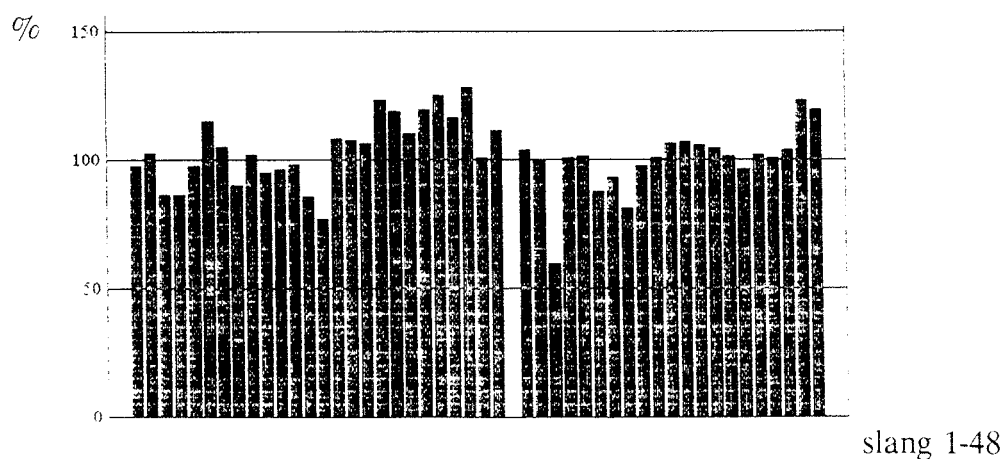
Avvikelsen från medelgivan redovisas i figurerna 23 och 24.



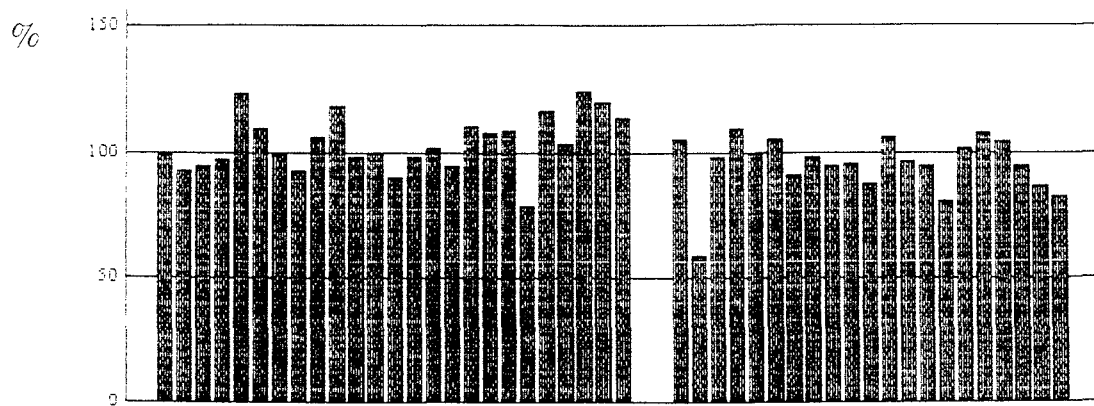
Figur 17. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Lågt tryck, körning 1. Medelavvikelsen är 22 %.



Figur 18. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Lågt tryck, körning 2. Medelavvikelsen är 23 %.

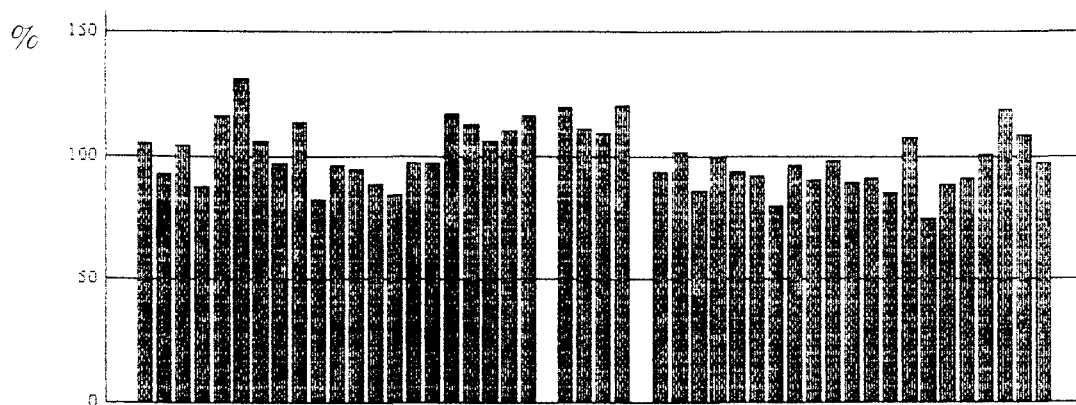


Figur 19. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Lågt tryck, körning 3. Medelavvikelsen är 9 %.



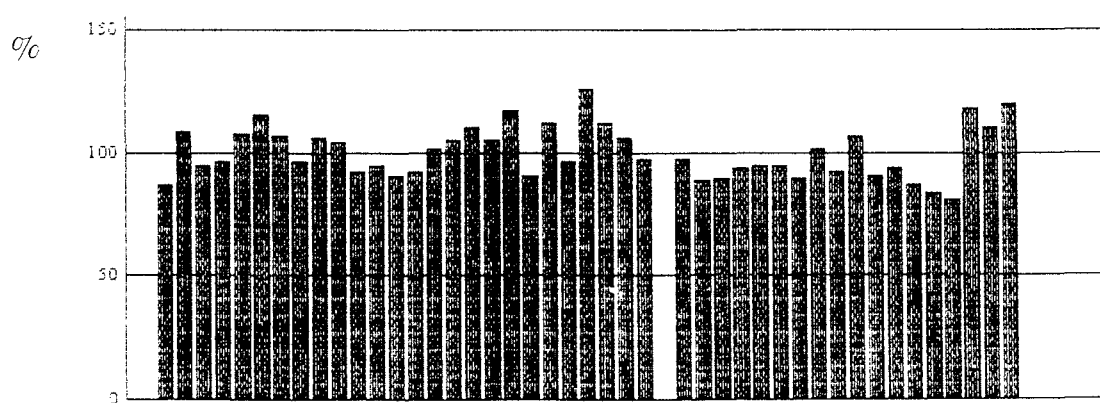
slang 1-48

Figur 20. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Högt tryck, körning 1. Medelavvikelsen är 9 %.



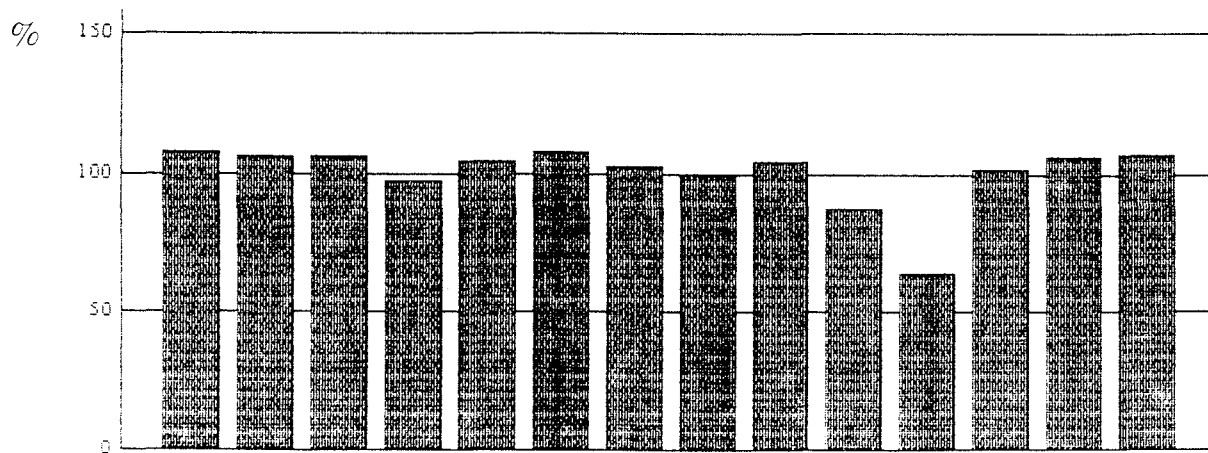
slang 1-48

Figur 21. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Högt tryck, körning 2. Medelavvikelsen är 12 %.



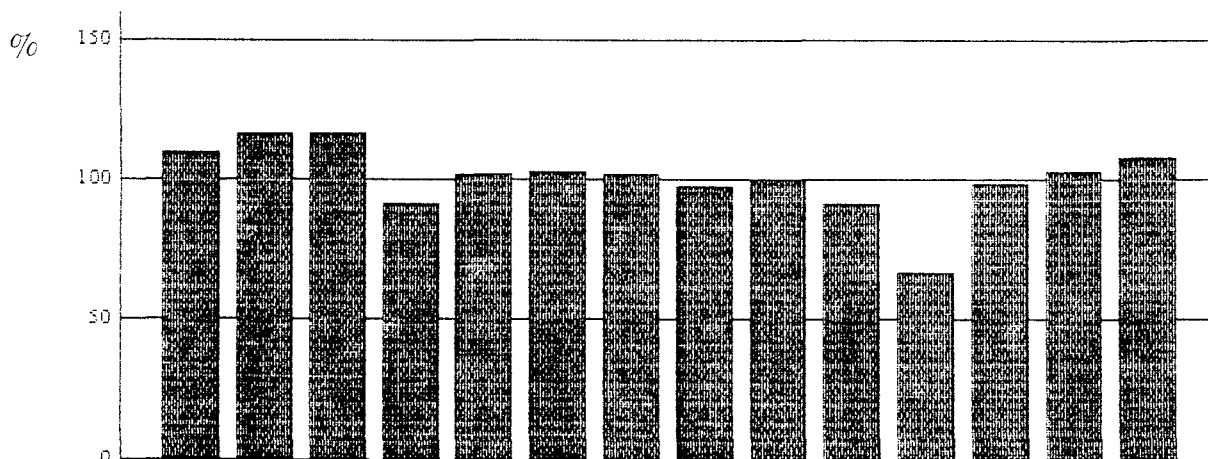
slang 1-48

Figur 22. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive slang. Högt tryck, körning 3. Medelavvikelsen är 8 %.



slang

Figur 23. Lutning av rampen, höger sida upplyft. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive av de 14 undersökta slangarna. Högt tryck. Medelavvikelsen är 7 %.



slang

Figur 24. Lutning av rampen, vänster sida upplyft. Mätning av spridningsjämnhet i sidled. Avvikelse från medelgiva för respektive av de 14 undersökta slangarna. Högt tryck. Medelavvikelsen är 7 %.

Tidsstudier

Flyttning från fält till fält

Tiden för installation på försöksfältet uppskattas till 10 h. Detta kräver dock viss erfarenhet av tidigare installationer.

Tiden för avveckling på samma fält uppskattas till 8 h.

Då den bevattningsmaskin som användes som sista del av stamledning har en slanglängd, i vårt fall på 270 m, som är kortare än "bevattningsmaskinsgatan" så krävs komplettering med extra slang. Detta kan göras genom inkoppling av ytterligare en bevattningsmaskin. Ett annat alternativ är att placera den sista stamledningsmaskinen så att den först användes åt det ena hållet och sedan vrides 180° och slangen drages ut i den riktningen. Detta arrangemang beräknas ta 2 h.

Flyttning till nästa spridningsdrag

Inställelsetid	?
Rampens inkommande	5
Veva in stamledning	8
Koppla ramp och köra fram bevattningsmaskin	25
Dra ut rampen	<u>23</u>
Summa förflyttningstid	61 min

Inställelsetid förekommer då den som flyttar rampen lämnar fältet under spridning.

Spridning

För att få ett mått på rampens avverkningskapacitet med hänsyn till de givna förutsättningar som fanns under försöket har den effektiva spridningstiden (tid för flyttning ej medräknad) för ett hektar beräknats.

	Givet:	Beräknat:
Giva	50 kg N/ha	
Ammoniumkväveinnehåll	0,78 kg N/m ³	
Spridd mängd		64 m ³ /ha
Flöde	40 m ³ /h	
Avverkning		0,64 ha/h
Spridningstid per hektar		1 h 34 min
Rampbredd	24 m	
Hastighet		267 m/h
Slanglängd	360 m	
Spridningstid per drag		1 h 21 min

En timme och 21 minuter per drag tar det att sprida ut 64 m³/ha då pumpen ger 40 m³/h, kväveinnehållet är 0,78 kg N/m³ och givan är 50 kg N/ha. Ett drag täcker 0,86 ha då rampen är 24 meter bred och slanglängden 360 meter. Avverkningen blir 0,64 ha/h, vilket motsvarar en spridningstid på 1 h 34 min, effektiv spridningstid bortsett från flyttningar.

Fältförsök

Resultat från försöket blev följande (tabell 5).

Tabell 5. Försöksresultat från fältförsöket (R1-256) 1991. Gröda = vårkorn. Skördat 1991-08-30. A = obehandlat, B = rampgödslat 50 kg N/ha och E = konstgödslat 50 kg N/ha

Led	Ruta	Block	Kärn- skörd	Rymd- vikt	Tusen- kornvikt	Strå- styrka
A	1	2	5287	672	39,7	60
A	4	1	5589	680	43,9	70
B	2	2	5429	660	40,9	20
B	5	1	5405	656	40,4	20
E	3	2	5561	664	39,0	30
E	6	1	5424	636	37,9	30

De rampgödslande och konstgödslande leden utvecklades kraftigt vilket ledde till tidig liggsäd i dessa led.

JÄMFÖRELSE MELLAN RAMSPRIDNING MED BEVATTNINGS-MASKIN OCH MED TANKVAGN

Ekonomi

För att belysa de ekonomiska effekterna av spridning av flytgödsel i stråsäd med bevattningsmaskin kontra tankvagn följer här ett exempel. Förutsättningarna är till allra största delen hämtade från försöket med urin/spillvatten på Lövsta. Spridningen antas utföras vid samma tidpunkt och spridningsjämnheten är densamma. Växtnäringseffekten antas därför likvärdig för de båda spridnings-systemen. El finns framdragen i tillräcklig omfattning. Följande gäller:

Spridningstidpunkt:	stråsäden är 15 cm hög
Fältstorlek:	750 m x 530 m = 40 ha
Önskad giva:	50 kg N/ha
Ammoniumkväveinnehåll i urinen/spillvattnet:	0,78 kg N/m ³
Urinen/spillvattnets ts-halt:	0,4 %
Spridd mängd:	64 m ³ /ha
Fältavstånd:	500 m
Spridningsareal totalt på gården:	40 ha
Gårdens årliga urin/spillvattenproduktion:	2 560 m ³
Urinen/spillvattnets totala ammoniumkväveinnehåll:	2 000 kg NH ₄
Avskrivningstid:	12 år
Real ränta:	4 %
Underhållskostnad i % av återanskaffningsvärde:	5 %
Skördevärde:	6 000:-/ha
Lönekostnad:	100:-/h

Inköpspriser:

Rampspridning med bevattningsmaskin:

Elmotor 22 kW + pump	30 000:-
Stamledning beg. bev. maskin 1000 m slang	30 000:-
Bevattningsmaskin 370 m slang dieselmotordriven	150 000:-
Lågspridningsramp m släpslangar o fördelare	<u>80 000:-</u>

290 000:-

Urinen/spillvattnet som sprids har en ts-halt på 0,4 % och behöver därför ej finfördelas. Någon hackelseenhet behövs ej. Bevattningsmaskinen antas enbart användas till gödselspridning. Skatt, försäkring och förvaring beräknas till 1 000:-.

Rampspridning med tankvagn:

Tankvagn 15 ton inkl. ramp m släpslangar o styrbar boggi	265 000:-
--	-----------

Skatt, försäkring och förvaring beräknas till 1 000:-/år. Tankvagnen med ramp antas enbart användas för denna spridning.

Hektarkostnad

	Tankvagn	Bevattningsmaskin
Avskrivn, ränta o underh	1 173:-	1 282:-
Traktor	241:-	154:-
Arbetskostnad	162:-	325:-
Jordpackning	279:-	25:-
Körskador	<u>72:-</u>	<u>42:-</u>
	1 927:-	1 828:-

I samband med kalkylen skall beaktas att den är optimerad vad gäller fältstorlek (ett fält), fälthinder, spridningsdragets längd och avstånd till fältet för att passa bevattningsrampen. Tidsåtgången för att gödsla ett hektar med bevattningsmaskinen inkluderar spridningstid, tid för flyttning inom fält och tid för installation och avveckling sammanlagt 3,25 h/ha. Arbetstiden för rampspridning med bevattningsmaskin kan reduceras om det finns alternativ sysselsättning under spridningstiden. Tidsåtgången för att gödsla ett hektar med tankvagn (15 ton) är 1,62 h/ha (beräknat enligt Karlsson, 1991). Beräkningen av kostnaderna för jordpackning är gjorda enligt Arvidsson & Håkansson (1989) beräkningsmodell. Med bevattningsmaskinssystemet är det möjligt att sprida tidigare än med tankvagn och därigenom få ett bättre växtnäringsutbyte. Detta är ej beaktat i kalkylen.

För att kunna sprida flytgödsel eller något annat med högre ts-halt än det urin/spillvatten som användes i försöket krävs även investeringar i deplacementpump och hackelseenhet. Vidare ökar även investeringsbehovet i transportutrustning om fälten ej ligger i direkt anslutning till bassängen. Använder

dandet av gamla bevattningsmaskiner till stamledning minskar investeringsbehovet i transportutrustning.

Ur ekonomisk synvinkel är bevattningsmaskinens största fördel den minskade jordpackningen. Nackdelarna är främst kapaciteten, arbetskostnaderna och investeringskostnaderna. Om bevattningsmaskinen även används till bevattning så minskar investeringskostnaden. Bevattningsmaskinsystemet kan inte användas för spridning av gödsel under så stor del av året som tankvagnen. Båda systemen kräver stora arealer för att bli lönsamma.

Rampspridningens för- och nackdelar

Här tas upp generella för- och nackdelar med rampspridning i jämförelse med bredspridning.

Fördelar:

- + Spridningsjämnheten påverkas ej av vinden
- + Väldefinierad arbetsbredd
- + Lägre ammoniakavgång
- + Mindre luktavgivning
- + Mindre stänk på grödan

Nackdelar:

- Större investering
- Mer arbetskrävande
- Bredden minskar framkomligheten

Bevattningsmaskin försedd med ramp med släpslangar. För- och nackdelar

Här tas upp för- och nackdelar med rampspridning med bevattningsmaskin i jämförelse med rampspridning med tankvagn.

Fördelar:

- + Mindre markpackning
- + Möjlighet till utspädning av flytgödseln; vilket leder till lägre ammoniakavgång, positiv inverkan på växternas kväveupptagning och mindre utlakningsrisk.
- + Bevattningsmaskinen kan användas till konventionell bevattning.

Nackdelar:

- Mer arbetskrävande
- Kräver separering eller malning för att förhindra stopp.
- Investeringskostnaden
- Transportproblem
- Kapaciteten

DISKUSSION

Under provningen av rampens spridningsjämnhet inverkar hela systemet från att pumpen ger ett jämnt flöde, att indragningshastigheten är jämn, att elasticitet i slangen påverkar indragningen, att marken är ojämn till rampen själv. Det var problem att hålla samma indragningshastighet under de olika provningarna vilket kan påverka spridningsjämnheten. En lägre hastighet leder oftast till jämnare spridning vid samma flöde. Provningarna gjordes i fält för att det ej fanns resurser till något annat och för att få en bild av hur hela systemet fungerar.

De två första mätningarna av spridningsjämnheten i sidled vid det lägre trycket utfördes på samma ställe på fältet. Deras lika utseende vad gäller spridningsbild kan ha sin förklaring i att rampen emellanåt rör sig ryckvis fram på det viset att ena sidans hjul rör sig framåt medan den andra sidans hjul står stilla. Detta kan bero på rampens konstruktion, markens beskaffenhet och hjulens friktion mot marken. Eftersom markens beskaffenhet påverkade spridningsjämnheten valde vi att byta försöksplats, vilket vi inte kunde göra mellan varje körning eftersom vi då kört ner för mycket av grödan. Varken vid provningarna i sidled eller längsled kan något sägas om tryckets inverkan på spridningsjämnheten.

Då enbart tre provningar gjorts i längsled kan inga slutsatser dras av resultaten. Mycket tyder dock på att rampen sprider ojämnare i längsled ju längre ut från mitten slangarna är placerade. Förklaringen till detta kan ligga i den tidigare nämnda ryckvisa gången av ramphalvorna.

För få upprepningar av lutningsförsöken genomfördes för att något skall kunna sägas med statistisk säkerhet. De resultat som finns visar inte på att lutning av rampen skulle påverka spridningsjämnheten.

Uppskattningen av tiden för installation och avveckling på ett fält kommer från ett måttillfälle. Hur tiden för installation och avveckling inverkar på tiden per hektar beror mycket på fältstorleken. Används mellanlager istället för ledning fås betydligt kortare tid för installation och avveckling, istället ökar transporttiden.

Tiden för att flytta från ett bevattningsdrag till nästa kan förkortas om det görs möjligt att vrida rampen 180° runt bevattningsmaskinen och sprida åt två håll vid samma uppställning. En teknisk lösning vilket skulle göra det möjligt att starta med RMV-maskinen invid sista stamledningsmaskinen och sedan låta dess slang (sista delen av stamledningen) följa med då flyttning sker till nästa drag skulle minska flyttiden. Flyttiden minskar eftersom sista delen av stamledningen slipper vevas in 24 m vid varje flyttning. Uppskattningsvis skulle dessa lösningar innebära en halvering av tiden för flyttning till nästa spridningsdrag (från en timme till en halv).

Vid spridning av ren flytgödsel ökas kapaciteten avsevärt. Utspädningen innebär längre spridningstid för att erhålla samma kvävegiva. Kapaciteten kommer här i konflikt med den lägre ammoniakavgången vid utspädning. Den längre spridningstiden kan innebära att väntetiden mellan flyttningarna kan användas till annan sysselsättning och arbetstiden minskar.

Fältförsöket som det såg ut från början var betydligt mer omfattande och skulle försöka ge svar på vad som skulle kunna tänkas vara resultat av gödsling, bevattning eller kombinationseffekten av dessa vid spridning av utspädd flytgödsel. På grund av riklig nederbörd uppstod aldrig något bevattningsbehov. Bevattningsleden utgick. Då det var så blöt kunde inte försökskörningen utföras förrän tre veckor efter vad som anses optimalt. Denna sena spridningstidpunkt, att marken innehöll ca 100 kg ammoniumkväve vid sådden och att ytterligare 50 kg N tillfördes vid sådden förklarar antagligen att varken rampgödsling eller gödsling med konstgödsel fått någon effekt på avkastningen. De led som rampgödslades eller gödslades med konstgödsel utvecklades alltför kraftigt vilket ledde till tidig liggsäd.

En ideal ramp bör ha en bredd som stämmer överens med måtten på övriga maskiner på gården. De flesta större gårdar har 24 m arbetsbredd på sin spruta och 24 m spårmarkering. Därför bör rampens arbetsbredd vara en multipel av 24 m. De ekonomiska jämförelserna pekar på att en ramp på 24 m får svårt att konkurrera då den är tidskrävande. Rampen skulle behöva vara minst 48 m. Emellertid är det svårt att bygga en lång och stabil ramp utan att den blir för tung. Andra problem med långa ramper är de begränsningar som fälthinder innebär och att hålla rampen på konstant höjd över marken.

Användning av bevattningsmaskin är en intressant teknik för spridning av flytande kvävehaltiga biprodukter såsom

- flytgödsel,
- urin,
- avloppsvatten,
- slam från reningsverk,
- spillvatten från biogasproduktion.

Kommunerna har idag höga kostnader för sin hantering av slam och avloppsvatten. Om lantbrukare i närheten av reningsverk skulle få ersättning för spridning skulle detta vara en intressant kvävekälla. Avloppsvatten bör spridas med släpslangsramp då det innehåller smittämnen som kan spridas med vinden.

För en lantbrukare som står i valet av att köpa en bevattningsmaskin för bevattning kan användningen som gödselspridare vara väl värd att ta med i kalkylen.

Eftersom bevattningsmaskinen måste ha ett kontinuerligt flöde av flytgödsel eller vad som nu skall spridas blir transporterna ett problem. Det krävs antingen någon form av mellanlager eller pumpning via stamledning. Transportproblemen och kostnaderna gör bevattningsalternativet mest intressant i direkt anslutning till gården.

För att försöksutrustningen skall fungera tillfredsställande i praktiken krävs komplettering med en hackelseenhet, en regleringsutrustning för jämn indragningshastighet, en konstruktion som gör att rampen kan snurras runt bevattningsmaskinen och ett system för injicering i vätskeström. Vidare behöver flödesvaktens driftssäkerhet förbättras, bevattningsmaskinen förses med en broms så att trumman inte kan snurra baklänges och rampens spårvidd justeras så att den överensstämmer med spårmarkeringen.

Vidare undersökningar behövs bl a av optimal spridningstidpunkt, optimalt slangavstånd och utspädningens betydelse. Provningsmetoder som möjliggör jämförelse av spridningsjämnhet behöver utvecklas.

SAMMANFATTNING

Stallgödsel är en växtnäringsresurs som ofta utnyttjas på ett otillfredsställande sätt. Detta innebär en bristande hushållning med växtnäring och en belastning på miljön. Det bästa utnyttjandet av växtnäringen fås vid vårspridning då utlakningsrisk och ammoniakavgång är låg. Den traditionella spridningstekniken för flytgödsel medför emellertid en icke önskad jordpackning.

Genom att använda bevattningsmaskin kan packningsskadorna minskas. Storspridaren som normalt används vid bevattning är ur spridningsjämnhet alltför vindkänslig. Den ersätts därför med en lågspridningsramp med släpslangar liknande den som används på spridartankvagnar. Användningen av bevattningsmaskin med lågspridningsramp för spridning i samband med vårbruk och i växande gröda minskar ammoniakavgången, utlakningsrisken, jordpackningen, luktagvången och nedsmutsningen av grödan jämfört med traditionell flytgödelspridning. Genom att använda bevattningsmaskiner för spridningen är det möjligt att späda ut flytgödselele med vatten. Utspädningen minskar ammoniakavgången ytterligare, dessutom har kombinationen av gödsel och vatten en positiv effekt på avkastningen.

Syftet med detta examensarbete har varit att utvärdera denna spridningsteknik under praktiska förhållanden. Utvärderingen har innefattat de tekniska, ekonomiska och växtnäringsmässiga effekterna av spridning av flytgödsel med bevattningsramp.

Försöksutrustningen har bestått av Hydro-Supras lågspridningsramp med släpslangar, RMV-bevattningsmaskin med modifierad indrivning för att klara gödselpartiklarna, en stamledning av gamla bevattningsmaskiner och en centrifugalpump. Det som spridits har inte varit flytgödsel i vanlig bemärkelse utan svinurin blandat med spillvatten från fastgödselelplatta och stallar. Ammoniumkvävehalten var 0,78 kg/m³ och ts-halten var 0,39 %, alltså jämförbart med vattenutspädd flytgödsel. Försöken har utförts i växande korn på Ultuna egendom, Uppsala.

Försöksutrustningens spridningsjämnhet provades i fält. Resultaten för systemets spridningsjämnhet är ej jämförbara med dem för bredspridare utan endast med resultat från identiska provningar för rampspridare med samma slangavstånd. De avvikelser som framkommer i resultaten från provningarna av spridningsjämnheten i sidled och längsled kan ha sin förklaring i att ramphalvorna rör sig växelvis framåt. Resultaten för spridningsjämnheten vid lutning av rampen tyder inte på att sidolutning skulle påverka spridningsjämnheten.

Tidsstudierna visar ej på någon arbetstidsbesparing vid användning av bevattningsmaskin med 24 meters lågspridningsramp kontra tankvagn med 12 meters ramp.

Kostnaderna för att sprida urin/spillvatten är ungefär desamma för rampspridning med bevattningsmaskin och rampspridning med tankvagn. Den kostnads-kalkyl som är gjord bygger på försöken och att utrustningen inte används till något annat än spridning av 50 kgN/ha i 40 ha växande stråsäd. Kostnaderna för jordpackning är tio gånger så stora vid användning av tankvagn.

De största nackdelarna med att sprida flytgödsel med bevattningsmaskin är den stora investeringen, arbetsbehovet, behovet av malning eller separering för att undvika stopp och problemet med att transportera gödseln till bevattningsmaskinen. Finns det användning för bevattningsmaskinen även för konventionell bevattning så minskar investeringsbehovet. Bredare ramper och spridning av ren flytgödsel minskar arbetsbehovet.

Spridning av slam, avloppsvatten och spillvatten från biogasanläggningar är andra typer av flytande avfall med växtnäringssinnehåll som kan spridas med bevattningsmaskin försedd med lågspridningsramp.

SUMMARY

Manure is a resource of plant nutrient which often is utilized in an unsatisfying way. This means a waste of plant nutrient and an environmental stress. The best utilization of the plant nutrient is obtained by spreading in the spring when the nitrate leaching and the ammonia losses are small. The traditional way of spreading slurry brings, however, an unwanted soil compaction.

The soil compaction damage can be reduced by using an irrigator. The sector sprinkler, which normally is used for irrigation, spreads too uneven when it is windy. A low level spreading boom with hoses is used instead. The use of an irrigator with a low level spreading boom for spreading in the spring and in growing crops reduces the ammonia losses, the nitrate leaching, the soil compaction and the odour compared to traditionell slurry application. The use of irrigators makes it possible to dilute the slurry. The dilution reduces the ammonia losses. The combination of slurry and water has a positive influence on the yield.

The purpose with this thesis has been to evaluate this spreading technique in practice. The evaluation included the technical, the economical and the plant nutrient effects of slurry application with a low level spreading boom attached to an irrigator.

The test equipment consisted of Hydro-Supra's low level spreading boom with hoses, RMV stationary irrigator, a main tube of old irrigators and a centrifugal pump. A mix of swine urine and waste water from solid manure and stables has been spread. The halt of ammonia nitrogen was 0,78 kg/m³ and the dry matter content was 0,39 %. The tests were performed in growing barley.

The spreading uniformity of the test equipment was tested in field. The result of this test is not comparable with the spreading uniformity results for broadcasters, but only with the results from identical tests of bandspreaders with the same hose spacing. The difference in the results from the tests of transverse and longitudinal spreading uniformity can be explained by the two boom halves swinging back and forth in the driving direction. The results from

the test with a leaning boom indicate that leaning has no influence on the spreading uniformity.

The time studies do not show any labour time savings with a 24 metres low level spreading boom attached to an irrigator compared to a tanker with a 12 metres boom.

The costs for boom spreading with an irrigator are similar to those for a tanker. The calculation of cost is based on the tests and on the assumption that the spreading equipment is not used for anything else than spreading of 50 kg N/ha in growing crop. The costs in the calculation for soil compaction are ten times higher for boom spreading with a tanker than for boom spreading with an irrigator.

The major disadvantages with slurry spreading with irrigators are the big investment, the labour requirement, the need of milling or separation to avoid stop and the problem with the transports of slurry to the irrigator. The investment can be reduced if the irrigator also is used for conventional irrigation. Wider booms and spreading of not diluted slurry reduce the labour requirement.

Sludge and waste water are other types of liquid waste with plant nutrient content which can be spread with a low level spreading boom attached to an irrigator.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Arvidsson, J. & Håkansson, I. 1989. En beräkningsmodell för skador av jord packning. Sveriges lantbruksuniversitet, Södra jordbruksförsöksdistriktet. Meddelande från Södra jordbruksförsöksdistriktet, 1989: 34, 3:1-7.
- Bengtsson, P. & Albertsson, B. 1991. Flytgödsel i växande gröda. Lantbruks styrelsen Informationsenheten, Jönköping. Lantbruksinformation 1991:6.
- Beudert, B., Döhler, H. & Aldag, R. 1989. Ammoniakverluste aus mit Wasser verdünnter Rindergülle im modellversuch. VDLUFA- Schriftenreihe, 28, Kongressband 1988, 2: 1355-1364.
- Blomquist, J. & Gudmundsson, E. 1988. Application of pig slurry to winter wheat during the growth season. Seminar of the 2nd & 3rd Technical Section of the CIGR, september 20-22, 1988. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 96:2.
- Boxberger, J. 1986. Einsatz von beregnungsmaschinen bei der Gulleitung. Landtechnik, 1986:3, s. 117.
- Boxberger, J., Langenegger, G. & Rödel, G. 1987. Slurry spreading with irrigation machines. 4th International symposium of CIEC 11-14 May 1987. Braunschweig. Proceedings volume 2.
- Claesson, S. & Steineck, S. 1991. Växtnäring - hushållning - miljö. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningen. Speciella skrifter 41.
- Darwinkel, A. 1984. Yield responses of winter wheat to plant removal and to wheelings. Neatherlands Journal of Agricultural Science. 32: 293-300.
- Döhler, H. 1990. Laboratory and field experiments for estimating ammonia losses from pig and cattle slurry following application. Proceeding COST 681 Workshop, Ammonia Emission, Silsoe, England, 1990. University of Bayreuth. Department of agroecology. 5 s.

- Gejs selvkørende vandingsmaskiner. 1991. Gejs vandingsmaskiner A/S. Grindsted, Danmark. Stencil. 4 s.
- Håkansson, I & Danfors, B. 1988. The economic consequences of soil compaction by heavy vehicles when spreading manure and municipal waste. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 96:2.
- Johansson, W. & Linnér, H. 1977. Bevattning. Stockholm: LT.
- Karlsson, S. 1991.Handledning för spridning av stallgödsel del 2 - flytgödsel. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Meddelande 432.
- Klarenbeek, J V. & Bruins, M A. 1990. Ammonia emissions during and after land spreading of animal slurries. Onderzoek NH₃-emissies uitgevoerd in het kader van het mestonderzoek. Institut voor Mechansatie, Arbeid en Gebouwen (IMAG). Wageningen, mei 1990. 11 s.
- Krause, R. 1988. Progress in spreading manure and waste suspensions. Seminar of the 2nd and 3rd Technical Section of the C.I.G.R. sept 20-22 1988. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 96:2.
- Linnér, H. 1987. Vattenfaktorns inflytande på stråsädens tillväxt och kväveupptagning. Kungliga skogs- och lantbruksakademin, Stockholm. Rapport 24, s 62-71.
- Linnér, H. 1990. Bevattning. Växtodling 1, marken. Stockholm: LT.
- Lundin, G. 1988. Avdunstning av ammoniak från stallgödsel. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Teknik för lantbruket 14.
- Malgeryd, J. & Wetterberg, C. 1991. Metod för teknikvärdering: Utrustning för stallgödselspridning. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 132.
- Maskinprovningarna. 1992. Flytgödselspridare STAR pumptankvagn. Statens maskinprovningar, Uppsala. Meddelande 3307.
- Morken, J. 1991. Mer miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel. Norges landbrukshøgskole, Ås. Institutt for tekniske fag. Rapport 23/91.
- Nilsson, L-G. 1988. Animal manure - a valuable resource in plant production. Seminar of the 2nd and 3rd Technical Section of the C.I.G.R. 20- 22 september 1988. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 96:2.
- Nilsson, C., Svensson, E. & Danielsson, P. 1981. Körskador genom bekämpning i korn , vårraps och åkerböna. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Växtskyddsnotiser 45 (5), s. 173-176.
- Olvång, H. & Johnsson, L. 1982. Spårförsök i höstvete. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Växtskyddsnotiser 45 (5), s. 177-178.
- Rodhe, L., Thyselius, L., Steineck, S., Ramner, C., Engdahl, L & Jonsson. 1988. Spridning av flytgödsel till vall. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 93.
- Rodhe, L. & Salomon, E. 1992. Spridning av flytgödsel i stråsäd. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala. Rapport 139.
- Sommer, S. G. & Christensen B. T. 1989. Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. Planteavl 94, s. 345-359.
- Sommer, S. G. & Christensen B. T. 1990. Effect of dry matter content on ammonia loss from surface applied cattle slurry. Föredrag vid COST 681 Expert Odours Group Workshop, ammonia and odour emissions from livestock production. 26-30 mars. Silsoe, Storbritannien.
- Sourell, H. 1991. Zeitgemässige beregnung. Landtechnik 1991:5
- Statens jordbrugstekniske forsøg. 1991. Gyllespreder med slæbeslangesystem Vogelsang eksaktdoserer. Statens jordbrugstekniske forsøg, Horsens. Prøverapport 806.

- Steineck, S. 1987. Växtnäringseffekter av flytgödsel i vall. I: Grovfoder, forskning/tillämpning. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Konsulentavdelningen, Mark/Växter Nr 2.
- Steineck, S., Djurberg, L. & Ericsson. 1991. Stallgödsel. Sveriges lantbruks universitet, Uppsala. Konsulentavdelningen. Speciella skrifter 43.
- Strasser, H. 1990. Typentabelle berechnungsautomaten. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik. Tänikon. FAT-berichte. 1990 (oktober): 394.
- Svensson, S. 1989. Rampbevattning och växtnäringsbevattning - teknikläget och utvecklingsmöjligheter. Enpece AB: Lund. Stencil. 11 s.
- Thamsen, R. 1985. Verteilgute beim Ausbringen von Flüssigmist. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e V. Darmstadt-Kranichstein. KTBL-schrift 303.

Personliga meddelanden från:

- Agronom J. Arvidsson. 1992. Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala. Institutionen för markvetenskap, Avd f jordbearbetning.
- Agronom S. Karlsson. 1992. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Biolog L. Svensson. 1992. Jordbrukstekniska institutet, Uppsala.
- Agronom C. Wetterberg. 1992. Statens maskinprovningar, Uppsala.

Förteckning över utgivna häften i publikationsserien

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET, UPPSALA. INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP.
AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK. AVDELNINGSMEDDELANDE. Fr o m 1990

- 90:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1989 års fältförsök avseende detaljavvattningsmarkvård och markförbättring samt bevattning. 73 s.
- 90:2 Jansson, P.-E. (ed.). The Skogaby Project. Project description. 77 s.
- 90:3 Berglund, K., Lindberg, K. & Peltomaa, R. Alternativa dräneringsmetoder på jordar med låg genomsläpplighet. 1. Ett nordiskt samarbetsprojekt inom Nordkalottområdet. 20 s.
- 91:1 Linnér, H., Persson, R., Berglund, K. & Karlsson, S.-E. Resultat av 1990 års fältförsök avseende detaljavvattningsmarkvård och markförbättring samt bevattning. 92 s.
- 91:2 Persson, R. & Wesström, I. Markkemiska effekter av bevattning med Östersjövatten på Öland. 23 s + 5 bil.
- 91:3 Eckersten, H. WIGO model. User's manual. 30 s.
- 91:4 Eckersten, H. SPAC-GROWTH model. User's manual. 32 s.
- 91:5 Stenlund, S. Rainwater harvesting - Metoder för uppsamling av regnvatten för bevattning. En litteraturöversikt. 24 s.
- 91:6 Jansson, P.-E., Eckersten, H. & Johnsson, H. SOILN model. User's manual. 49 s.
- 91:7 Jansson, P.-E. SOIL model. User's manual. 59 s.
- 91:8 Wesström, I. Liste des publications du sujet "Besoin en eau des plantes et irrigation en climat semi-aride". 32 s.
- 92:1 Rockström, J. Framtidens livsmedelsförsörjning i världens torra regioner: Begränsas den av tillgången på vatten? 106 s.
- 92:2 Kerje, T. Erosionsmätningar i Nicaragua. 35 s.
- 92:3 Burujeny, M. B. Dygnsvariation i bladvattenpotential hos raps och senap. Mätningar och simuleringar. 27 s.
- 92:4 Simonsson, M. Rotstudier i några olika ärtsorter. 15 s.
- 92:5 Malm, P. Spridning av flytgödsel med bevattningsmaskin försedd med lågspridningsramp. 46 s.

